

## **TUGAS AKHIR**

**Pemanfaatan limbah *Carsul* PT. Vale Indonesia, Tbk Sebagai  
Koagulan Untuk Menurunkan Konsentrasi *Chrome Hexavalent*  
Dalam Air Limbah Industri Nikel.**



**MUHAMMAD MUZAMMIL IKMAL**

**D121 16 504**

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2021**



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN FAKULTAS TEKNIK  
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
JL. POROS MALINO, KM.6 BONTOMARANNU KAB. GOWA

**LEMBAR PENGESAHAN**

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Gowa.

Judul : *Pemanfaatan Limbah Carsul Pt. Vale Indonrsia, Tbk Sebagai Koagulan Untuk Menurunkan Konsentrasi Chrome Hexavalent Dalam Air Limbah Industri Nikel*

Disusun Oleh :

Nama : Muhammad Muzammil Ikmal

NIM : D12116504

Telah diperiksa dan disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing

Gowa, 8 Juni 2021

Pembimbing I

Prof. Dr. Ir. Mary Selintung, MSc.  
NIP. NIDK : 194306122018016000

Pembimbing II

Dr. Roslinda Ibrahim, S.P., M.T.  
NIP. 197506232015042000



Menyetujui,  
Ketua Departemen Teknik Lingkungan

Dr. Eng. Mardiana Hustim, S.T., M.T  
NIP. 197204242000122000

No Surat :9020/UN4.7.7/TD.06/2021

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertandatangan di bawah ini, nama Muhammad Muzammil Ikmal, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "**Pemanfaatan Limbah Carsul PT. Vale Indonesia Tbk, Sebagai Koagulan Untuk Menurunkan Konsentrasi Chrome Hexavalent Dalam Air Limbah Industri Nikel**" adalah karya ilmiah penulis sendiri, dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun.

Karya ilmiah ini sepenuhnya milik penulis dan semua informasi yang dituliskan dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Gowa, 26 Mei 2021

Yang membuat Pernyataan,



**Muhammad Muzammil Ikmal**

D121 16 504

## DAFTAR ISI

<b>SAMPUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	viii
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	3
C. Tujuan Penelitian.....	3
D. Ruang Lingkup.....	4
E. Sistematika Penulisan Penelitian .....	4
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Air.....	5
B. Air Asam Tambang .....	6
C. Koagulasi-Flokulasi.....	8
D. Koagulan .....	9
E. <i>Carsul</i> .....	13
F. Pengolahan <i>Chrome Hexavalent</i> .....	14

G. <i>Chrome Hexavalent</i> .....	16
H. Sulfur .....	20

### **BAB III. METODE PENELITIAN**

A. Rancangan Penelitian .....	21
B. Lokasi Dan Waktu Penelitian .....	22
C. Alat dan Bahan .....	23
D. Populasi dan Sampel.....	23
E. Pelaksanaan Penelitian .....	23
F. Teknik Pengumpulan Data .....	26
G. Teknik Analisis.....	27
H. Diagram Alir.....	27

### **BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASA**

A. Keefektifan <i>Carsul</i> Dalam Penurunan Kadar <i>Chrome Hexavalent</i> .....	29
B. Pengaruh Waktu Terhadap Penurunan Kadar <i>Chrome Hexavalent</i> .....	29
C. Pengaruh Banyak <i>Carsul</i> Terhadap Penurunan Kadar <i>Chrome Hexavalent</i> .....	36

### **BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN**

A. Kesimpulan.....	42
B. Saran .....	42

### **DAFTAR PUSTAKA**

### **LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

No.	Halaman.
1. Variasi Perlakuan. ....	21
2. Hubungan antara massa koagulan dengan penurunan konsentrasi <i>Chrome Hexavalent</i> pada air limbah tambang nikel PT. Vale Indonesia Tbk. ....	30
3. Hubungan antara lama waktu pengadukan dengan penurunan konsentrasi <i>Chrome Hexavalent</i> pada air limbah tambang nikel PT. Vale Indonesia Tbk. ....	36

## DAFTAR GAMBAR

No.	Halaman.
1. <i>Carsul</i> yang sudah di haluskan .....	23
2. Pengukuran sampel .....	24
3. Setelah pengadukan di <i>Floculator</i> .....	25
4. Alat <i>UV-Vis</i> .....	26
5. Diagram alir penelitian.....	28
6. Gravik hubungan antara massa koagulan dengan efisiensi penyisihan <i>Chrome Hexavalent</i> .....	35
7. Gravik hubungan antara lama waktu pengadukan dengan efisiensi penyisihan <i>Chrome Hexavalent</i> .....	40

## KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim, Alhamdulillah HirabbilAlamin, puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SubhanahuataAla, atas berkat rahmat dan ridho-Nyalah sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "Pemanfaatan Limbah *Carsul* PT. Vale Indonesia, Tbk, Untuk Menurunkan Konsentrasi *Chrome Hexavalent* Dalam Air Limbah Industri Nikel". Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada junjungan seluruh umat manusia ialah Baginda Nabiullah Muhammad Sauwlallahu Alaihi Wasallam, sosok sebagai Khalifah dan sebaik-baik Tauladan bagi seluruh umat Manusia.

Tujuan penulisan tugas akhir ini ialah untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) bagi mahasiswa S1 di Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa terdapat berbagai kesulitan. Namun, berkat ketekunan dan usaha yang disertai doa, penulisan tugas akhir ini akhirnya dapat terselesaikan. Pencapaian tugas akhir ini tidak terlepas dari jasa-jasa kedua orang tua penulis yang tercinta. Terimakasih yang tak terhingga dan doa yang selalu menyertai penulis ucapkan kepada Ayahanda H. Ikmal Arief, S.H. dan Ibunda Ir. Hj. Rosmi Kantao, M.M. yang senantiasa memberikan dukungan, doa, motivasi terbaik kepada penulis. Ucapan terima kasih juga penulis ucapkan kepada kakak kandung Siti Muthmainnah Ikmal, S.KM, M.Kes. Beserta Suami Andi Suciptwo Pasinringi, S.E. dan Abang penulis Muhammad Mushawwir Ikmal beserta istri Vidya Janifa Mochtar, yang telah bersedia menerima keluh kesah penulis, memberikan support besar kepada penulis selama proses penyelesaian Tugas Akhir Penulis, serta keponakan - keponakan penulis yang teramat lucu, selalu menghibur penulis agar penulis tetap semangat menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulisan tugas akhir ini juga tidak terlepas dari bantuan, dukungan, dorongan serta bimbingan dari beberapa pihak. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Mary Selintung, MSc., selaku Dosen Pembimbing I dan ibu Dr. Roslinda Ibrahim, S.P., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Bapak Ariefitya Witjaksono, S.T., IPM., M.M., selaku pembimbing lapangan penulis di PT. Vale Indonesia Tbk. yang telah berkenan membimbing dan mengarahkan penulis selama proses pengerjaan dan penyelesaian tugas akhir penulis.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T., selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Bapak dan Ibu Dosen Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Seluruh Staf dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala bantuannya selama penulis menempuh perkuliahan terutama kepada Ibu Sumiati dan Pak Olan yang selalu penulis reportkan dan telah banyak membantu dalam pengurusan administrasi selama masa perkuliahan , dan juga bapak Syarif selaku laboran Kualitas Air yang telah memberikan banyak bantuan, masukan untuk proses penelitian penulis.
7. Saudara Amanuddin Fajar Fisus, selaku saudara, partner penulis selama masa perkuliahan hingga selesai, terima kasih
8. Dini Aulia Utami, S.E. yang telah memberikan support penuh pada masa-masa akhir perkuliahan penulis.
9. Saudara seperkumpulan *B-Squad* (Fahmi, Farid, Erik, Iqo, Sahnaz, Mila, Ima) terima kasih telah menemani.
10. Rekan seperjuangan KP penulis Wahyudi Maulana Rais Rachman yang bersama penulis di PT. Insansandang Internusa, Rancaekek.

11. Saudara seperjuangan Skripsi Nur Hayyu Alam, yang telah menemani penulis menyelesaikan administrasi.
12. Saudara se-Teknik 2016, terkhususnya saudara Muhammad Waiz, S.T. Terima kasih.
13. Teman-teman se-Enviro'16, terima kasih atas suka dan dukanya selama 4 tahun lebih ini
14. saudara-saudari se-Patron 2016, yang telah mewarnai masa perkuliahan penulis sejak menjadi mahasiswa baru hingga sekarang yang selalu memberi semangat dan mengajarkan banyak hal selama penulis menjalani masa perkuliahan hingga penyusunan tugas akhir.
15. Teman-teman KKN Tematik Kopi 102, Kec. Kindang, Kab. Bulukumba, terkhusus teman-teman se-Posko Kel.Borongrappoa, Terima Kasih
16. Teman-trman se-Pengurusan IMTLI (Ikatan Mahasiswa Teknik Lingkungan Indonesia) periode 2018-2019.
17. Adik-adik pengurus HMTL FT-UH dan HMS FT-UH yang telah membantu kelancaran berkas penulis Terkhusus nya adinda Rey dan adik-adik FT-UH terkhusus Asril, Adit, Naufal.
18. Keluarga besar Kantao Pettasila, terkhususnya adik Abi Sahli, dan Keluarga Besar H. Arief Hafid, terkhusus kakanda Fitriani Machbub, S.H., M.Kn.
19. Serta seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah membantu dan mendukung dalam menyelesaikan tugas akhir ini, terimakasih yang sebesar-besarnya orang-orang baik.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu, saran dan kritik yang bersifat membangun penulis terima dengan senang hati. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat untuk kedepannya dan menjadi pengembangan ilmu pengetahuan.

Gowa, 27 Mei 2021

Penulis

**Muhammad Muzammil Ikmal**  
**D12116504**

## ABSTRAK

MUHAMMAD MUZAMMIL IKMAL. *Pwmanfaatan limbah Carsul PT. Vale Indonesia, Tbk sebagai koagulan untuk menurunkan konsentrasi Chrome Hexavalent dalam air limbah industri nikel* (dibimbing oleh Mary Selintung dan Roslinda Ibrahim).

Pertambangan merupakan suatu kegiatan yang berhubungan dengan lingkungan. Pertambangan nikel di Sorowako yang saat dipegang oleh PT. Vale Indonesia, Tbk, Salah satu limbah yang dihasilkan pada kegiatan penambangan bijih nikel berupa *Carsul* yang berasal dari *sulphur melter* yang merupakan sumber mineral yang dapat diolah kembali. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besar kandungan *Chrome Hexavalent* dalam air limbah hasil produksi tambang nikel PT. Vale Indonesia, Tbk. dan menganalisis pengaruh massa koagulan (*Carsul*) serta lama waktu pengadukan terhadap efisiensi penyisihan *Chrome Hexavalent* dalam air limbah tambang nikel PT. Vale Indonesia. Tbk. Metodologi yang digunakan adalah kuantitatif eksperimen. Hasil penelitian menunjukkan kandungan air limbah hasil produksi PT. Vale Indonesia, Tbk 0,2 ppm, adapun massa koagulan yang paling efektif adalah 5gram dengan rata-rata efisiensi penyisihan *Chrome Hexavalent* sebesar 98,5%, dan lama waktu pengadukan optimum adalah 20 detik dengan rata-rata efisiensi penyisihan *Chrome Hexavalent* sebesar 97,2%. Berdasarkan nilai penyisihan kadar *Chrome Hexavalent* oleh *Carsul* sebagai koagulan cukup memberikan pengaruh positif dan cukup efektif.

Kata Kunci : Tambang, Air Limbah, Koagulan, *Carsul*, *Chrome Hexavalent*.

## ABSTRACT

MUHAMMAD MUZAMMIL IKMAL. *Utilization of PT Carsul's waste. Vale Indonesia, Tbk as a coagulant to reduce the Chrome Hexavalent concentration in nickel industrial wastewater* (supervised by Mary Selintung and Roslinda Ibrahim).

Mining is an activity related to the environment. Nickel mining in Sorowako, which was currently held by PT. Vale Indonesia, Tbk, One of the wastes generated in nickel ore mining activities is *Carsul* which comes from *sulfur melter* which is a mineral source that can be reprocessed. The purpose of this study was to determine the content of *Chrome Hexavalent* in the waste water produced by the nickel mine of PT. Vale Indonesia, Tbk. and to analyze the effect of coagulant mass (*Carsul*) and the length of time of stirring on the removal efficiency of *Chrome Hexavalent* in PT. Vale Indonesia. Tbk. The methodology used is quantitative experiment. The results showed that the content of waste water produced by PT. Vale Indonesia, Tbk 0.2ppm, while the most effective coagulant mass is 5 grams with an averageremoval efficiency *Chrome Hexavalent* of 98.5%, and the optimum stirring time is 20 seconds with an averageremoval efficiency *Chrome Hexavalent* of 97.2. %. Based on the removal value of levels *Chrome Hexavalent* by *Carsul* as a coagulant, it was quite positive and quite effective.

Keywords : Mining, Wastewater, Coagulant, *Carsul*, *Chrome Hexavalent*.

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Pertambangan merupakan suatu kegiatan yang berhubungan dengan lingkungan. Pertambangan nikel di Sorowako yang saat dipegang oleh PT. Vale Indonesia, Tbk didirikan pada tanggal 25 Juli 1968. Hingga saat ini, PT. Vale Indonesia, Tbk menjadi produsen nikel terbesar di Indonesia dan menyumbang 5% pasokan nikel dunia. Kegiatan yang dilakukan PT. Vale Indonesia, Tbk. mulai dari kegiatan eksplorasi, penambangan, pengolahan, hingga menghasilkan nikel dalam bentuk *matte* dengan kadar 78% nikel. Nikel *matte* merupakan produk setengah jadi yang siap diolah untuk menjadi barang siap pakai

Secara berkelanjutan PT. Vale Indonesia, Tbk. terus mengembangkan pengelolaan dan pengolahan limbah dari kegiatan operasi pertambangan maupun produksi nikel dalam *matte*. Salah satu limbah yang dihasilkan pada kegiatan penambangan bijih nikel berupa *Carsul* yang berasal dari *sulphur melter* yang merupakan sumber mineral yang dapat diolah kembali. Saat ini *Carsul* belum digunakan secara internal oleh PT. Vale Indonesia Tbk. Dengan kandungan 88% Sulfur, 11% Cao, dan 1% Fe serta Mn dalam *Carsul* maka bisa dilakukan cara untuk mendaur ulang bahan tersebut menjadi produk baru.

Pada air limbah hasil produksi tambang nikel selalu menghasilkan produk samping ataupun zat sisa yang berupa padatan maupun cair hal tersebut pasti terjadi dalam proses pemecahan bongkahan untuk mendapatkan inti nikel di dalamnya. Hal tersebut biasa dilakukan dalam proses *Pressing Machine* yang dimana pada proses ini bertujuan untuk memecah bongkahan agar nikel yang berada di dalam bongkahan tersebut dapat diambil, atau merupakan proses pemisaha antara nikel dan bongkahan yang melengket dengan nikel tersebut.

Hasil proses *Pressing Machine* akan menghasilkan zat sisa yang pada umumnya di dunia pertambangan menyebutkan zat sisa dari hasil *Pressing Machine* ini adalah *Carsul* dan bahasa tersebut tidak di pakemkam di dalam KBBI karena bahasa tersebut merupakan bahasa yang berputar di dunia industri pertambangan. *Carsul* Berdasarkan informasi dan literatur yang di dapatkan melalui pembimbing lapangan dari PT. Vale Indonesia, Tbk. Bahwa *Carsul* memiliki kandungan Sulfur sebanyak 88% dari total keseluruhan zat di dalam *Carsul*, maka dari hal tersebut dapat berpotensi sebagai bahan dasar *Adsorben* untuk menurunkan kadar kontaminan, tetapi sebelum di lakukannya pemanfaatan *Carsul* sebagai sebuah koagulan untuk menurunkan kadar *Chrome Hexavalent* perlu dilakukan percobaan untuk mengetahui efisiensi *Carsul* untuk penysisihan kadar *Chrome Hexavalent*.

Karakteristik Awal *Carsul* ialah *Sludge Cake* dan dimana karakteristik ini semakin lama di diamkan akan berubah menjadi sebuah padatan yang cukup keras dan hampir menyerupai batuan, Hal tersebut membuat *Carsul* tersebut sebelum di lakukan pengolahan sebaiknya di hancurkan terlebih dahulu agar mendapatkan karakter yang halus dan mudah di olah untuk di campurkan didalam Air limbah sisah produksi pada industri tambang nikel PT. Vale Indonesia, Tbk.

Dari hasil observasi yang telah dilakukan bagian internal PT. Vale Indonesia, Tbk berusaha untuk mencari cara untuk memanfaatkan produk sampingan dari hasil *Pressing Machine* berupa *Carsul* untuk menjadi hal yang lebih bermanfaat dan bernilai menyelamatkan lingkungan dari tercemarnya karena produk samping dari hasil proses pertambangan nikel PT. Vale Indonesia, Tbk.

Usaha memanfaatkan *Carsul* sebagai koagulan, karena *Carsul* mengandung sulfur yang dapat menjadi sebuah adsorben pada logam yang tercampur pada air limbah.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisis efektivitas pengelolaan lingkungan adalah menguji efisiensi penysisihan *Chrome Hexavalent* yang berada di dalam air limbah tambang PT. Vale Indonesia, Tbk, sebuah metode pengukuran yang bertujuan untuk mengetahui nilai manfaat dari sebuah kegiatan dilihat dari sudut pandang secara keseluruhan.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Seberapa besar kandungan *Chrome Hexavalent* dalam air limbah hasil tambang nikel PT. Vale Indonesia, Tbk.
2. Bagaimana pengaruh massa koagulan *Carsul* terhadap efisiensi penyisihan *Chrome Hexavalent* dalam air limbah tambang nikel PT. Vale Indonesia, Tbk.
3. Bagaimana pengaruh lama waktu pengadukan terhadap efisiensi penyisihan *Chrome Hexavalent* dalam air limbah tambang nikel PT. Vale Indonesia, Tbk.

## **C. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar kandungan *Chrome Hexavalent* dalam air limbah hasil produksi tambang nikel PT. Vale Indonesia, Tbk.
2. Untuk menganalisis pengaruh massa koagulan *Carsul* terhadap efisiensi penyisihan *Chrome Hexavalent* dalam air limbah tambang nikel PT. Vale Indonesia, Tbk.
3. Untuk menganalisis pengaruh lama waktu pengadukan terhadap efisiensi penyisihan *Chrome Hexavalent* dalam air limbah tambang nikel PT. Vale Indonesia, Tbk.

#### **D. Ruang Lingkup**

Penelitian ini mengambil studi kasus fasilitas pengolahan air di PT. Vale Indonesia, Tbk. yang difokuskan pada pemanfaatan produksi samping berupa *Carsul* untuk menurunkan kadar *Chrome Hexavalent* pada air limbah hasil produksi di PT. Vale Indonesia, Tbk dan diharapkan dapat dijadikan salah satu acuan pertimbangan bagi pemerintah dan *stakeholder* terkait dalam pengembangan daur ulang produk dari proses pertambangan.

#### **E. Sistematika Penulisan Penelitian**

Sistematika penyusunan laporan penelitian, sebagai berikut:

1. BAB I-PENDAHULUAN merupakan uraian mengenai latar belakang, identifikasi rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan sistematika penulisan.
2. BAB II-TINJAUAN PUSTAKA merupakan uraian mengenai dasar teori pendukung baik bersifat umum maupun khusus berdasarkan tema penelitian.
3. BAB III-METODOLOGI PENELITIAN merupakan uraian mengenai waktu dan tempat penelitian serta metode pelaksanaan penelitian.
4. BAB IV-HASIL DAN PEMBAHASAN merupakan menjelaskan mengenai uraian hasil penelitian berupa gambar dan hasil olahan data dari perhitungan yang diperoleh.
5. BAB V-KESIMPULAN DAN SARAN merupakan uraian mengenai kesimpulan yang merupakan penyajian singkat dari keseluruhan hasil penelitian berdasarkan tujuan penelitian dan saran yang akan diberikan terhadap pencapaian penelitian berlangsung.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Air**

Air merupakan sumberdaya yang sangat esensial bagi makhluk hidup, yaitu guna untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari, kebutuhan pertanian, perikanan, maupun kebutuhan lainnya. Air yang bersifat universal atau menyeluruh dari setiap aspek kehidupan menjadikan sumber daya tersebut berharga, baik dari segi kualitas maupun kuantitas. Air tawar yang dimanfaatkan oleh makhluk hidup hanya memiliki presentase 2,5 %, yang terdistribusi sebagai air sungai, air danau, air tanah, dan sebagainya. Seiring dengan pertumbuhan penduduk dan perkembangan di bidang teknologi serta industri, kebutuhan akan air juga akan mengalami peningkatan.

Namun, peningkatan kebutuhan air tersebut tidak mempertimbangkan aspek ketersediaan sumber daya air yang saat ini semakin kritis. Air sebagai sumber daya yang dapat diperbarui bukan berarti memiliki keterbatasan dari aspek kualitas dan penyebaran dari sisi lokasi dan waktu. Oleh karena keterbatasan sumberdaya air tersebut maka pemanfaatannya sangat dibutuhkan pengelolaan yang cermat agar terjadi keseimbangan antara kebutuhan dan ketersediaan sumberdaya alam air dari waktu ke waktu (Hadi, 2014).

Kebutuhan air bersih merupakan Air yang digunakan untuk memenuhi kegiatan sehari-hari. Sumber air bersih untuk kebutuhan hidup sehari-hari secara umum harus memenuhi standart kuantitas dan kualitas. 12 Kebutuhan dasar air bersih adalah jumlah minimal air bersih bersih yang perlu disediakan agar manusia dapat menjalankan aktivitas dasar sehari-hari secara layak. Besarnya kebutuhan air domestik di daerah pedesaan sebesar 60 liter/orang/hari. Sedangkan kebutuhan air domestik di kota sebesar > 150 liter/orang/hari (Sudarmadji, 2014).

Air bersih yang baik biasanya memiliki derajat keasaman (pH) yang netral, kesadahan yang rendah, tidak mengandung bahan kimia beracun seperti

sianida sulfida dan fenolik, tidak mengandung bahan organik, tidak mengandung garam atau ion-ion logam seperti Fe, Mg, Ca, K, Hg, Zn, Mn, D, dan Cr (Kusnaedi, 2010). Sedangkan 15 menurut Permenkes RI No 32 tahun 2017 tentang Standar Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, Dan Pemandian Umum, batas maksimum kadar Fe yang diperoleh dalam air untuk keperluan higiene sanitasi maksimum adalah 1 mg/l.

## **B. Air Asam Tambang**

Air asam tambang adalah salah satu permasalahan lingkungan yang dihasilkan oleh industri pertambangan. Air asam tambang merupakan hasil dari oksidasi batuan yang mengandung pirit ( $\text{FeS}_2$ ) dan mineral sulfida dari sisa batuan yang terpapar oleh oksigen yang berada dalam air (Elberling.et.al, 2008). Permasalahan air asam tambang adalah salah satu dampak potensial yang dihadapi industri pertambangan. Air asam tambang juga mengandung logam berat seperti besi (Fe), alumunium (Al), mangan (Mn). Kesalahan dalam pemantauan, pengumpulan dan pengolahan air asam tambang dapat menyebabkan kontaminasi terhadap air tanah dan air permukaan yang berdampak kepada ekosistem, manusia dan struktur bangunan (MEND Program, 1997).

Air asam tambang yang telah mengalami proses reaksi kimia akan berdampak langsung pada kualitas tanah dan air tanah karena pH air dan tanah di area tersebut menurun sangat tajam. PTBA telah melakukan uji geokimia batuan bekerja sama dengan LAPI ITB, pada umumnya formasi batuan di IUP Tambang Air Laya terdiri dari batuan Potencial Acid Forming (PAF) (Sipahutar, 2013). Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Widyati (2010) pada lahan bekas tambang batubara PT. Bukit Asam Tbk. diperlihatkan bahwa pH tanah mencapai 3,2 dan pH air berada pada kisaran 2,8. Pada kasus ini pH tanah yang sangat menurun akan mengganggu keseimbangan unsur hara pada area lahan itu.

Menurut Hards and Higgins (2004) dalam Widyati (2010) turunnya pH secara drastis akan meningkatkan kelarutan logam-logam berat pada lingkungan

tersebut. Sesuai dengan konsep ini tentunya kondisi lingkungan dengan pH rendah mengakibatkan ketidak tersediaan unsur hara makro dikarenakan unsur-unsur makro tersebut terikat oleh unsur logam sedangkan bersamaan dalam kondisi ini kelarutan dari pada unsur hara mikro akan semakin meningkat.

Adapun akibat lainnya dari air asam tambang ini di antaranya adalah peralatan perusahaan pertambangan mengalami percepatan korosif yang berbahan baja atau besi sehingga dampak kerusakan peralatan semakin cepat, yang semakin menambah kesulitan finansial dari perusahaan. Pada lingkungan biodiversity, efek terburuk dari air asam tambang ini adalah rusaknya populasi fauna juga flora yang terjadi di lokasi bekas eksploitasi pertambangan serta sebaran populasi kehidupan di daerah aliran sungai (das) yang dilewati oleh air asam tambang ini baik secara langsung ataupun tidak langsung. Proses ini akan berakibat terhadap kualitas air yang berada di konsesi pertambangan berdampak mempengaruhi kesehatan manusia. Dampak lain yang ditimbulkan oleh air asam tambang yaitu bertambahnya faktor kesulitan disaat perusahaan akan melakukan kegiatan penanaman kembali/reklamasi daerah bekas tambang karena kualitas air dan tanah yang sangat asam terhadap tumbuhan untuk berkembang (Raditya, dkk. 2020).

Nilai pH yang sangat rendah merupakan salah satu ciri-ciri air asam tambang. Nilai ini dapat mencapai hingga 1,5-4 sehingga konsentrasi logam terlarut yang tinggi, nilai keasaman yang tinggi, kandungan sulfat yang tinggi dan konsentrasi oksigen terlarut yang rendah juga menjadi indikasi dari air asam tambang (Patria, 2008). Karakteristik air asam tambang lainnya menurut Nasir dkk. (2014) adalah: a.Konsentrasi logam besi, aluminium, mangan, kadmium, tembaga, timah, seng, arsenik dan merkuri yang tinggi.

b. Nilai asiditas mencapai 50-15.000 mg/L.

c. Nilai konduktivitas antara 1000-20.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

d. Konsentrasi dissolved oxygen (DO) yang rendah ( $< 6 \text{ mg/L}$ ).

e. Tingkat kekeruhan atau TSS rendah.

Indikator utama terbentuknya air asam tambang dapat diketahui dengan adanya tanda-tanda sebagai berikut (*Australia Department of Industry Tourism,2016*). a. Air berubah warna menjadi kemerahan

- b. Sedimen oksidasi besi berwarna orange kecoklatan pada drainase
  - c. Matinya makhluk hidup air
  - d. Terbentuk lapisan sedimen pada pertemuan-pertemuan aliran
  - e. Produktifitas tanah maupun perairan rendah di sekitar lokasi pertambangan
  - f. Matinya tumbuh-tumbuhan dan kerusakan tanah seperti bekas terbakar
  - g. Korosi pada alat yang terbuat dari besi atau baja
- Kandungan logam yang dimaksud dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 113 Tahun 2003 kandungan logam dalam air asam tambang Upaya Netralisasi Nilai Keasaman Dan Penyisihan Logam Besi Dalam Air Asam Tambang Batubara Menggunakan Bakteri Efektif *Clostridium sp.* Dan *Thiobacillus sp.* (Michael Christian Ozcar, 2020) 8 pertambangan adalah besi dan mangan. Besi dalam air asam tambang berbentuk kation *ferro* ( $Fe^{2+}$ ) dan *ferri* ( $Fe^{3+}$ ). Ion *ferro* mudah dioksidasi menjadi ion *ferri* pada kondisi perairan alami dengan pH sekitar 7 dan kadar oksigen yang cukup untuk proses oksidasi. Mangan merupakan kation logam yang memiliki karakteristik kimia yang mirip dengan besi. Mangan dalam air asam tambang berbentuk manganous ( $Mn^{2+}$ ) dan manganik ( $Mn^{4+}$ ).

### C. Koagulasi-Flokulasi

Koagulasi yaitu proses pencampuran koagulan (bahan kimia) atau pengendap ke dalam air baku dengan kecepatan perputaran yang tinggi dalam waktu yang singkat. Koagulasi merupakan proses pengolahan air dimana zat padat melayang ukuran sangat kecil dan koloid digabungkan dan membentuk flok-flok dengan cara penambahan zat kimia (misalnya PAC dan Tawas). Dari proses ini diharapkan flok-flok yang dihasilkan dapat di saring (Susanto, 2008).

Tujuan dari koagulasi adalah mengubah partikel padatan dalam air baku yang tidak bisa mengendap menjadi mudah mengendap. Hal ini karena adanya proses pencampuran koagulan kedalam air baku sehingga menyebabkan partikel padatan yang mempunyai padatan ringan dan ukurannya kecil menjadi lebih berat dan ukurannya besar (flok) yang mudah mengendap (Susanto, 2008).

Proses Koagulasi dapat dilakukan melalui tahap pengadukan antara koagulan dengan air baku dan netralisasi muatan. Prinsip dari koagulasi yaitu di dalam air baku terdapat partikel-partikel padatan yang sebagian besar bermuatan listrik negatif. Partikel-partikel ini cenderung untuk saling tolak-menolak satu sama lainnya sehingga tetap setabil dalam bentuk tersuspensi atau koloid dalam air. Netralisasi muatan negatif partikel-partikel padatan dilakukan dengan pembubuhan koagulan bermuatan positif ke dalam air diikuti dengan pengadukan secara cepat (Susanto, 2008).

Flokulasi adalah penyisihan kekeruhan air dengan cara pengumpulan partikel kecil menjadi partikel yang lebih besar. Gaya antar molekul yang diperoleh dari agitasi merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap laju terbentuknya partikel flok. Salah satu faktor penting yang mempengaruhi keberhasilan proses flokulasi adalah pengadukan secara lambat, keadaan ini memberi kesempatan partikel melakukan kontak atau hubungan agar membentuk penggabungan (agglomeration). Pengadukan lambat ini dilakukan secara hati-hati karena flok-flok yang besar akan mudah pecah melalui pengadukan dengan kecepatan tinggi (Susanto, 2008).

#### **D. Koagulan**

Senyawa koagulan adalah senyawa yang mempunyai kemampuan mendestabilisasi koloid dengan cara menetralkan muatan listrik pada permukaan koloid sehingga koloid dapat bergabung satu sama lain membentuk flok dengan ukuran yang lebih besar sehingga mudah mengendap (Gebbie 2005).

Beberapa jenis koagulan yang dapat digunakan untuk pengolahan air limbah di antaranya:

1. Aluminium Sulphate (Alum)

Alum merupakan salah satu koagulan yang paling lama dikenal dan paling luas digunakan. Alum dapat dibeli dalam bentuk likuid dengan konsentrasi 8,3% atau dalam bentuk kering (bisa berupa balok, granula, atau bubuk) dengan konsentrasi 17%. Alum padat akan langsung larut dalam air tetapi larutannya

bersifat korosif terhadap aluminium, besi, dan beton sehingga tangki-tangki dari bahan-bahan tersebut membutuhkan lapisan pelindung. Rumus kimia alum adalah  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  tetapi alum yang disuplai secara komersial kemungkinan hanya memiliki 14  $\text{H}_2\text{O}$ .

## 2. Ferric sulphate

Ferric sulphate tersedia dalam bentuk granula atau bubuk yang berwarna merah kecoklatan. Rumus kimianya adalah  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ . Koagulan ini sedikit bersifat higroskopik tetapi sulit untuk larut. Larutannya bersifat korosif terhadap aluminium, beton, dan hampir semua besi-besian. Seperti reaksi alum, flok ferric hydroxide merupakan hasil dari reaksi antara koagulan yang asam dan alkalinitas alami dalam air.

## 3. Ferrous sulphate

Ferrous sulphate disebut juga copperas atau iron sulphate atau gula besi, merupakan garam termurah yang dapat digunakan untuk koagulasi. Ferrous sulphate bersifat positif sehingga dapat melemahkan gaya tolak-menolak antar partikel koloid yang bermuatan negatif. Ketika elektrolit diserap partikel koloid dalam air, ferrous sulphate dapat menurunkan bahkan menghilangkan kekokohan partikel koloid dan menetralkan muatannya. Penetralkan muatan partikel oleh koagulan hanya mungkin terjadi jika muatan partikel mempunyai konsentrasi yang cukup untuk mengadakan gaya tarik-menarik antar partikel koloid (Bhaskar Sen Gupta 2005 dalam Risdianto 2007).

## 4. Polyelectrolyte

Larutan dari polyelectrolyte bersifat sangat viskos dan sering kali dibutuhkan hanya dalam dosis yang sangat kecil. Oleh karenanya turbulensi yang cukup harus tersedia pada titik pengumpanan untuk memastikan pencampuran yang cepat dan menyeluruh. Larutan polyelectrolyte yang encer lebih mudah terdispersi ke dalam aliran dibandingkan larutan terkonsentrasi. Polyelectrolyte organik alami seperti sodium alginate dan sebagian produk pati yang larut dalam air telah lama digunakan dalam pengolahan air. Saat ini tersedia secara luas polyelectrolyte sintesis yang lebih baru. Koagulan bermerk

yang berupa larutan polyelectrolyte sintetis dan garam-garam logam juga tersedia di pasaran.

#### 5. Polyaluminium Chloride (PAC)

PAC memiliki rumus kimia umum  $Al_nCl_{(3n-m)}(OH)_m$  banyak digunakan karena memiliki rentang pH yang lebar sesuai nilai  $n$  dan  $m$  pada rumus kimianya. PAC yang paling umum dalam pengolahan air adalah  $Al_{12}Cl_{12}(OH)_{24}$ . Senyawa senyawa modifikasi PAC di antaranya polyaluminium hydroxidechloride silicate (PACS) dan polyaluminium hydroxidechloride silicate sulfate (PASS). PAC digunakan untuk mengurangi kebutuhan akan penyesuaian pH untuk pengolahan, dan digunakan jika pH badan air penerima lebih tinggi dari 7,5. PAC mengalami hidrolisis lebih mudah dibandingkan alum, mengeluarkan polihidroksida yang memiliki rantai molekul panjang dan muatan listrik besar dari larutan sehingga membantu memaksimalkan gaya fisis dalam proses flokulasi.

Pada air yang memiliki kekeruhan sedang sampai tinggi, PAC memberikan hasil koagulasi yang lebih baik dibandingkan alum. Pembentukan flok dengan PAC termasuk cepat dan lumpur yang muncul lebih padat dengan volume yang lebih kecil dibandingkan dengan alum. Oleh karenanya, PAC merupakan pengganti alum padat yang efektif dan berguna karena dapat menghasilkan koagulasi air dengan kekeruhan yang berbeda dengan cepat, menggenerasi lumpur lebih sedikit, dan meninggalkan lebih sedikit residu aluminium pada air yang diolah (Malhotra 1994).

Menurut Echanpin (2005) dalam Yuliati (2006), PAC merupakan koagulan anorganik yang tersusun dari polimer makromolekul dengan kelebihan seperti memiliki tingkat adsorpsi yang kuat, mempunyai kekuatan lekat, tingkat pembentukan flok-flok tinggi walau dengan dosis kecil, memiliki tingkat sedimentasi yang cepat, cakupan penggunaannya luas, merupakan agen penjernih air yang memiliki efisiensi tinggi, cepat dalam proses, aman, dan konsumsinya cukup pada konsentrasi rendah. Menurut Eaglebrook Inc (1999) dalam Yuliati (2006), keuntungan koagulan PAC yaitu sangat baik untuk menghilangkan kekeruhan dan warna, memadatkan dan menghentikan

penguraian flok, membutuhkan kebasaaan rendah untuk hidrolisis, sedikit berpengaruh pada pH, menurunkan atau menghilangkan kebutuhan penggunaan polimer, serta mengurangi dosis koagulan sebanyak 30-70%.

Penambahan dosis koagulan yang lebih tinggi tidak selalu menghasilkan kekeruhan yang lebih rendah. Dosis koagulan yang dibutuhkan untuk pengolahan air tidak dapat diperkirakan berdasarkan kekeruhan, tetapi harus ditentukan melalui percobaan pengolahan. Tidak setiap kekeruhan yang tinggi membutuhkan dosis koagulan yang tinggi. Jika kekeruhan dalam air lebih dominan disebabkan oleh lumpur halus atau lumpur kasar maka kebutuhan akan koagulan hanya sedikit, sedangkan kekeruhan air yang dominan disebabkan oleh koloid akan membutuhkan koagulan yang banyak (Gebbie 2005).

Koagulan dapat berupa garam-garam logam (anorganik) atau polimer (organik). Polimer adalah senyawa-senyawa organik sintesis yang disusun dari rantai panjang molekul-molekul yang lebih kecil. Koagulan polimer ada yang kationik (bermuatan positif), anionik (bermuatan negatif), atau nonionik (bermuatan netral). Sedangkan koagulan anorganik mencakup bahan-bahan kimia umum berbasis aluminium atau besi. Ketika ditambahkan ke dalam contoh air, koagulan anorganik akan mengurangi alkalinitasnya sehingga pH air akan turun. Koagulan organik pada umumnya tidak mempengaruhi alkalinitas dan pH air. Koagulan anorganik akan meningkatkan konsentrasi padatan terlarut pada air yang diolah (Gebbie 2005).

Alum (Aluminium Sulfat) merupakan salah satu koagulan yang paling lama dikenal dan paling luas digunakan. Alum dapat dibeli dalam bentuk likuid dengan konsentrasi 8,3% atau dalam bentuk kering (bisa berupa balok, granula, atau bubuk) dengan konsentrasi 17%. Alum padat akan langsung larut dalam air tetapi larutannya bersifat korosif terhadap aluminium, besi, dan beton sehingga tangki-tangki dari bahan-bahan tersebut membutuhkan lapisan pelindung. Rumus kimia alum adalah  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  tetapi alum yang disuplai secara komersial kemungkinan hanya memiliki 14  $\text{H}_2\text{O}$  (Gebbie 2005).

Ketika ditambahkan ke dalam air, alum bereaksi dengan air dan menghasilkan ion-ion bermuatan positif. Ion-ion dapat bermuatan +4 tetapi secara tipikal bermuatan +2 (bivalen). Ion-ion bivalen 30-60 kali lebih efektif dalam menetralkan muatan-muatan partikel dibanding ion-ion yang bermuatan +1 (monovalen). Pembentukan flok aluminium hidroksida merupakan hasil dari reaksi antara koagulan yang bersifat asam dan alkalinitas alami air (biasanya mengandung kalsium bikarbonat) (Gebbie 2005).

### **E. Carsul**

*Carsul* sebagai *by product* dari proses *Sulfur Melter* merupakan sumber mineral yang dapat diolah kembali. Adapun kandungan *Carsul* adalah: Sulphur 88%, Cao 11%, Fe & Mn 1%. Saat ini *Carsul* belum digunakan secara internal oleh PT. Vale Indonesia, Tbk. Dengan kandungan 88% Sulfur maka bisa dilakukan cara untuk mendaur ulang bahan tersebut menjadi produk baru (Vale, 2020).

Belerang atau sulfur adalah unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang S dan nomor atom 16. Belerang merupakan unsur non-logam yang tidak berasa. Belerang, dalam bentuk aslinya, adalah sebuah zat padat kristalin kuning. Di alam, belerang dapat ditemukan sebagai unsur murni atau sebagai mineral-mineral sulfide dan sulfat. Belerang atau sulfur adalah suatu unsur kimia dengan nomor atom 16 yang berbentuk non-logam, tidak berasa, tidak berbau, dan merupakan senyawa multivalent. Sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) merupakan salah satu gas hasil turunan dari belerang yang terdapat pada gunung berapi. Apabila sulfur dioksida direaksikan dengan air akan terbentuk asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Uap dan kabut asam sulfur atau pun asam sulfat bersifat korosif (Dyah Pranani, 2008).

Cao atau kapur tohor merupakan jenis kapur yang telah melalui proses pembakaran, Kapur berbentuk padat yang berwarna putih, bersifat alkali dan sedikit pahit. Kapur bereaksi hebat dengan berbagai asam, dan bereaksi dengan banyak logam dengan adanya air. Karena kekuatan sifat basanya tersebut, kapur

banyak digunakan sebagai flokulan pada air, pengolahan limbah, serta pengolahan tanah asam. Kapur merupakan koagulan yang digunakan untuk mengurangi zat-zat organik maupun kimia pada air kotor maupun pada air limbah. (Neni S, dkk. 2017).

Kapur merupakan salah satu bahan baku atau batuan yang dapat dipergunakan untuk meningkatkan pH secara praktis, murah dan aman sekaligus dapat mengurangi kandungan-kandungan logam berat yang terkandung dalam air asam tambang. Ada beberapa macam kapur yang dapat digunakan menurut Heynes (2009) yaitu kapur kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ), kapur tohor ( $\text{CaO}$ ), kapur tembok ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), dolomit ( $\text{CaMg(CO}_3)_2$ ) dan kapur silika ( $\text{CaSiO}_3$ ) (Agung, dkk. 2020).

Besi adalah salah satu elemen kimiawi yang dapat ditemui pada hampir setiap tempat di bumi, pada semua lapisan geologis dan semua badan air (Alaerts G.1987). Logam Fe ditemukan dalam inti bumi berupa hematit. Fe hampir tidak dapat ditemukan sebagai unsur bebas. Fe diperoleh dalam bentuk tidak murni sehingga harus melalui reaksi reduksi guna mendapatkan Fe murni. Fe ditemukan terutama sebagai mineral hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ); magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ); mineral lain yang merupakan sumber Fe adalah limonit ( $\text{FeO(OH)nH}_2\text{O}$ ), siderit ( $\text{FeCO}_3$ ), dan tektonit. Inti bumi sebagian besar terdiri dari alloy besi – nikel (FeNi) dan kira-kira 5 % meteorit yang mengandung alloy Fe-Ni (Widowati, 2008).

Besi dibutuhkan oleh tubuh dalam pembentukan hemoglobin, banyaknya Fe di dalam tubuh dikendalikan pada fase absorpsi. Tubuh manusia tidak dapat mengeskresikan Fe. Karenanya mereka yang sering mendapat transfusi, warna kulitnya menjadi hitam karena akumulasi Fe (Slamet J.S., 2013)

## **F. Pengolahan *Chrome Hexavalent***

Limbah Cr(VI) menjadi populer mengingat sifatnya yang tidak mudah terurai di alam dan karsinogenik. Logam kromium tersebut terdapat di alam dalam dua bentuk oksida, yaitu oksida Cr(III) dan Cr(VI). Daya racun yang dimiliki kromium ditentukan oleh bilangan oksidasinya. Uniknyanya hanya Cr(VI) yang

bersifat karsinogenik sedangkan Cr(III) tidak. Hal ini karena sifatnya yang berdaya larut dan mobilitas tinggi di lingkungan (Rahman dkk., 2007).

Limbah Cr(III) ini berasal dari industri tekstil, kulit dan baja. Sedangkan limbah Cr(VI) lebih banyak berasal dari industri pelapisan logam, kulit, dan tekstil. Industri pelapisan logam yang terdapat di wilayah Jawa Barat dapat mengandung sampai lebih dari 750 ppm Cr(VI) (Agustina dkk., 2017).

Umumnya pengolahan limbah cair yang mengandung bahan berbahaya seperti logam berat dapat dilakukan secara kimia. Pengolahan ini termasuk reaksi redoks (reduksi-oksidasi). Beberapa upaya pengolahan limbah Cr(VI) yang telah dilakukan seperti bioreduksi, ion exchange, adsorpsi dengan karbon aktif dan reduksi dengan bantuan bakteri, dimana memiliki kelemahan yaitu diperlukannya energi yang sangat tinggi dan/atau bahan kimia yang sangat banyak. Karenanya pengolahan limbah Cr(VI) memerlukan biaya yang cukup besar sehingga perlu dilakukan pengolahan alternatif lain dengan biaya yang relatif lebih murah dan efektif (Khairani, 2007).

Dengan semakin berkembangnya industri dan semakin ketatnya peraturan mengenai limbah industri serta tuntutan untuk mewujudkan pembangunan yang berwawasan lingkungan, maka perlu adanya teknologi pengolahan limbah yang efektif dan efisien.

Saat ini terdapat alternatif pengolahan limbah yang dikenal dengan Advanced Oxidation Processes (AOPs) yang mampu mengolah limbah dengan kandungan senyawa organik yang tinggi. Salah satu metode AOPs yang sering digunakan adalah reagen Fenton. Reagen Reagen Fenton merupakan larutan dari hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) dan katalis besi ( $Fe^{2+}$ ) yang memiliki kemampuan oksidasi tinggi dalam mengoksidasi kontaminan atau air limbah (Kommineni dkk., 2008).

*Reagen Fenton* berfungsi sebagai pendegradasi senyawa senyawa kontaminan yang sulit terdegradasi dalam suatu air limbah. Metode Oksidasi dengan *reagen Fenton* telah diterapkan untuk pengolahan berbagai macam air limbah industri yang mengandung senyawa organik toksik seperti fenol (Tabai dkk., 2017).

Penelitian mengenai pengolahan limbah dengan kandungan polutan organik tinggi seperti air limbah industri kelapa sawit telah dilakukan dimana metode Fenton telah menurunkan kandungan COD sebesar 77,77% pada pH 3 (Yulia dkk., 2016).

Sedangkan untuk mengolah air limbah dengan kandungan polutan organik dan anorganik seperti logam, dapat digunakan kombinasi metode Fenton yang dilanjutkan dengan adsorpsi seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Agustina dkk., yang mengolah air limbah industri karet dengan menggunakan reagen Fenton yang dikombinasikan dengan karbon aktif. Pada penelitian tersebut didapatkan penurunan COD sebesar 95% (Agustina dkk., 2017). Dalam penelitian yang dilakukan Lusian mengenai pengolahan limbah cair yang mengandung logam merkuri dilakukan dengan reagen Fenton yang dilanjutkan dengan presipitasi sulfida.

### **G. *Chrome Hexavalent***

Limbah cair (effluent) yang dihasilkan dari operasi penambangan dan pengolahan bijih nikel diolah untuk mengurangi kandungan total padatan tersuspensi (TSS) dan Chromium (Cr<sup>6+</sup>). PT. Vale Indonesia Tbk, berkomitmen untuk mengolah limbah cair tersebut agar memenuhi standar kualitas sebelum dikembalikan ke badan air (Vale, 2017).

Kromium berasal dari bahasa Yunani yaitu Chroma yang berarti warna. Logam kromium ditemukan pertama kali oleh Nicolas-Louis Vaqueline (1763-1829), seorang ahli kimia berkebangsaan perancis pada tahun 1799. Logam ini merupakan logam. kristalin yang berwarna abu-abu, tidak begitu liat dan di golongan dalam transition metal. Salah satu logam transisi yang penting adalah kromium (Cr). Sepuhan kromium (*chrome plating*) banyak digunakan pada peralatan sehari-hari, pada mobil dan sebagainya, karena lapisan kromium ini sangat indah, keras dan melindungi logam lain dari korosi. Kromium juga penting dalam paduan logam dan digunakan dalam pembuatan " stainless steel " (Achmad, 1992) (dalam Damayanti, 2006).

Logam Cr dapat masuk kedalam semua strata lingkungan, baik pada strata perairan, tanah maupun udara (lapisan atmosfer). Kromium yang masuk kedalam 20 strata lingkungan datang dari berbagai sumber tetapi yang paling banyak adalah dari kegiatan-kegiatan perindustrian, rumah tangga dan pembakaran serta immobilisasi bahan bakar. Masuknya krom ke lapisan udara dari strata lingkungan adalah dari pembakaran, mobilisasi batu bara dan minyak bumi. Logam Cr dapat masuk ke badan perairan melalui dua cara yaitu cara alamiah dan non alamiah. Masuknya Cr secara alamiah disebabkan oleh faktor fisika, seperti erosi (pengikisan) yang terjadi pada batuan atau mineral. Disamping itu, debu dan partikel Cr di udara akan dibawa turun oleh air hujan. Secara non alamiah masuknya Cr lebih merupakan dampak dari aktivitas manusia, yang dapat berupa limbah buangan industri sampai buangan rumah tangga (Damayanti 2006).

Limbah Cr(VI) menjadi populer mengingat sifatnya yang tidak mudah terurai di alam dan karsinogenik. Logam kromium tersebut terdapat di alam dalam dua bentuk oksida, yaitu oksida Cr(III) dan Cr(VI). Daya racun yang dimiliki kromium ditentukan oleh bilangan oksidasinya. Unikanya hanya Cr(VI) yang bersifat karsinogenik sedangkan Cr(III) tidak. Hal ini karena sifatnya yang berdaya larut dan mobilitas tinggi di lingkungan (Rahman dkk., 2007). Limbah Cr(III) ini berasal dari industri tekstil, kulit dan baja. Sedangkan limbah Cr(VI) lebih banyak berasal dari industri pelapisan logam, kulit, dan tekstil. Industri pelapisan logam yang terdapat di wilayah Jawa Barat dapat mengandung sampai lebih dari 750 ppm Cr(VI) (Agustina dkk., 2017).

Umumnya pengolahan limbah cair yang mengandung bahan berbahaya seperti logam berat dapat dilakukan secara kimia. Pengolahan ini termasuk reaksi redoks (reduksi-oksidasi). Beberapa upaya pengolahan limbah Cr(VI) yang telah dilakukan seperti bioreduksi, ion exchange, adsorpsi dengan karbon aktif dan reduksi dengan bantuan bakteri, dimana memiliki kelemahan yaitu diperlukannya energi yang sangat tinggi dan/atau bahan kimia yang sangat banyak.

Karenanya pengolahan limbah Cr(VI) memerlukan biaya yang cukup besar sehingga perlu dilakukan pengolahan alternatif lain dengan biaya yang relatif lebih murah dan efektif (Khairani, 2007). Dengan semakin berkembangnya

industri dan semakin ketatnya peraturan mengenai limbah industri serta tuntutan untuk mewujudkan pembangunan yang berwawasan lingkungan, maka perlu adanya teknologi pengolahan limbah yang efektif dan efisien.

Kromium telah dimanfaatkan secara luas dalam kehidupan manusia. Dalam industri metallurgy, logam ini banyak digunakan dalam penyepuhan logam (*chromium plating*) yang memberikan dua sifat, yaitu dekoratif dan sifat kekerasan yang mana chromium plating ini banyak digunakan pada macammacam peralatan, mulai dari peralatan rumah tangga sampai ke alat transportasi. Dalam industri kimia, krom digunakan sebagai: 1. Cat pigment (*dying*), dapat berwarna merah, kuning, orange dan hijau 2. Penyamakan kulit (*tanning*) 3. Elektroplating (*chrome plating*) 4. Treatment wall Aktivitas di atas merupakan kontributor sumber utama terjadinya pencemaran krom ke air dan limbah padat dari sisa proses penyamakan kulit juga dapat menjadi sumber kontaminasi air tanah.

Sebagai logam berat, Cr termasuk logam yang mempunyai daya racun tinggi. Daya racun yang dimiliki Cr ditentukan oleh valensi ionnya. Logam Cr<sup>6+</sup> merupakan bentuk yang paling banyak dipelajari sifat racunnya dikarenakan Cr<sup>6+</sup> merupakan toxic yang sangat kuat dan dapat mengakibatkan terjadinya keracunan akut dan keracunan kronis (Darmayanti 2006).

Ada berbagai macam perbedaan logam kromium yang berbeda-beda pada dampak organisma. Logam kromium (Cr) dapat masuk di udara (lapisan atmosfer), air dan tanah didalam kromium (III) dan kromium (VI) yang terbentuk melalui proses alami dan aktivitas manusia.

Aktivitas utama manusia yang meningkatkan konsentrasi logam kromium (III) adalah pabrik kulit dan tekstil. Aktivitas utama manusia yang meningkatkan konsentrasi logam kromium (VI) adalah yang memproduksi bahan kimia, tekstil, kulit, elektro dan penggunaan kromium (VI) lainnya dalam industri.

Sebagian besar penggunaan ini akan meningkatkan konsentrasi logam kromium dalam air. Melalui pembakaran batu bara juga terdapat kromium diudara dan melalui waste disposal kromium juga ada di tanah. Kebanyakan kromium terdapat diudara dan *end up* di air dan tanah. Kromium di dalam tanah mengikat

kuat butiran partikel sehingga tidak menyebar ke air tanah. Di air kromium akan terserap dalam sediment sehingga tidak menyebar ([www.chemicalelements.com / Cr](http://www.chemicalelements.com/Cr). 2005).

Kromium (VI) oksida ( $\text{CrO}_3$ ) bersifat asam sehingga dapat bereaksi dengan basa membentuk kromat. Jika larutan ion kromat diasamkan akan dihasilkan ion dikromat yang berwarna jingga. Dalam larutan asam, ion kromat atau ion dikromat adalah oksidator kuat. Sesuai dengan tingkat valensi yang dimilikinya ion-ion kromium yang telah membentuk senyawa mempunyai sifat yang berbeda-beda sesuai dengan tingkat ionitasnya (Asmadi, dkk. 2009).

Senyawa yang terbentuk dari ion  $\text{Cr}^{2+}$  akan bersifat basa, ion  $\text{Cr}^{3+}$  bersifat amfoter, dan senyawa yang terbentuk dari ion  $\text{Cr}^{6+}$  bersifat asam (1).  $\text{Cr}^{3+}$  dapat mengendap dalam bentuk hidroksida. Kromium hidroksida ini tidak larut, kondisi optimal  $\text{Cr}^{3+}$  dicapai dalam air dengan pH antara 8,5 – 9,5. Kromium hidroksida ini melarut akan lebih tinggi apabila kondisi pH rendah atau asam.  $\text{Cr}^{6+}$  sulit mengendap, sehingga dalam penanganannya memerlukan zat pereduksi untuk mereduksi menjadi  $\text{Cr}^{3+}$ . Senyawa kromium umumnya dapat berbentuk padatan (kristal  $\text{CrO}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) larutan dan gas (uap dikromat). Kromium dalam larutan biasanya berbentuk trivalen ( $\text{Cr}^{3+}$ ) dan ion heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ). Dalam larutan yang bersifat basa dengan pH 8 sampai 10 terjadi pengendapan Cr dalam bentuk  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ . Sebenarnya kromium dalam bentuk ion trivalen tidak begitu berbahaya dibandingkan dengan bentuk heksavalen, akan tetapi apabila bertemu dengan oksidator dan kondisinya memungkinkan untuk  $\text{Cr}^{3+}$  tersebut akan berubah menjadi sama bahayanya dengan  $\text{Cr}^{6+}$  (Asmadi, dkk. 2009).

Kromium mempunyai konfigurasi elektron  $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 4s^2, \text{ dan } 3d^4$ , sangat keras, mempunyai titik leleh dan didih tinggi di atas titik leleh dan titik didih unsur-unsur transisi deretan pertama lainnya. Bilangan oksidasi yang terpenting adalah +2, +3, dan +6, disebut terpenting karena reaksi dan senyawa kromium yang sering ditemukan hanya menyangkut kromium dengan bilangan oksidasi +2, +3, dan +6. Bilangan oksidasi +2, +3, dan +6 adalah bilangan yang menyatakan sifat muatan spesi tersebut ketika terbentuk dari atom-atomnya yang

netral. Jika di dalam keadaan murni melarut dengan lambat sekali dalam asam encer membentuk garam kromium (II) (Asmadi, dkk. 2009).

## **H. Sulfur**

Penggunaan sulfur di dunia pertambangan khususnya tambang nikel sangat sering di temui, hal tersebut dikarenakan manfaat dari sulfur ini ialah zat yang paling efektif pada proses peningkatkan biji limonit, Temperatur reduksi serta jumlah penambahan zat aditif yang tepat ke dalam campuran pelet, akan menghasilkan konsentrat dengan kadar Ni tinggi. Zat aditif yang berfungsi baik dalam reduksi ini adalah sulfur (Tiffany, 2017).

Sulfur merupakan senyawa yang secara alami terkandung dalam minyak bumi ataupun gas, namun keberadaannya tidak diinginkan karena dapat menyebabkan berbagai masalah, termasuk diantaranya korosi pada peralatan proses, bau yang kurang sedap atau produk samping pembakaran berupa gas buang yang beracun (sulfur dioksida, SO<sub>2</sub>) dan menimbulkan pencemaran udara serta hujan asam (Moenir dan Yuliasni, 2011).

Belerang juga bisa merubah karakteristik air. Air yang keruh dan mengandung berbagai jenis bibit kuman juga bisa dinetralkan dengan belerang. Namun belerang yang digunakan dalam sistem pengolahan air, yang sudah dibentuk menjadi sulfat. Produk ini memiliki warna yang putih mirip seperti bentuk kristal. Beberapa perusahaan pengolahan air sering memakai produk ini untuk melarutkan kotoran dan mengendapkan lapisan kotoran pada bagian bawah permukaan air sehingga didapatkan air murni yang lebih bersih.