

**FOTOKATALIS TiO_2 DENGAN PENAMBAHAN H_2O_2 UNTUK
PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI PERTAMBANGAN BATUBARA**



**Diajukan Sebagai Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Palembang**

Oleh :

HENRA SATHIA WIBOWO

(12 2011 028)

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
-2016**

**FOTOKATALIS TiO_2 DENGAN PENAMBAHAN H_2O_2 UNTUK
PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI PERTAMBANGAN BATUBARA**

OLEH :

HENRA SATRIA WIBOWO (12 2011 028)

Disetujui Oleh :

Pembimbing I



Dr. Ir. Marhaini, MT

Pembimbing II

Ir. Agussidi Najib, M.si

Mengetahui,

**Ketua Program Studi
Teknik Kimia FT-UMP**



Dr. Eko Ariyanto, M.Chem.Eng

LEMBAR PENGESAHAN

**FOTOKATALIS TiO_2 DENGAN PENAMBAHAN H_2O_2 UNTUK
PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI PERTAMBANGAN BATUBARA**

OLEH :

HENRA SATRIA WIBOWO

122011028

**Telah diuji dihadapan Tim Penguji tanggal 07 Januari 2016
Di Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Palembang**

Tim Penguji :

- 1. Ir. Robiah, MT**
- 2. Ir. Dewi Fernianti, MT**
- 3. Dr. Ir. Marhaini, MT**

Tanda Tangan

()
()
()

Menyetujui,

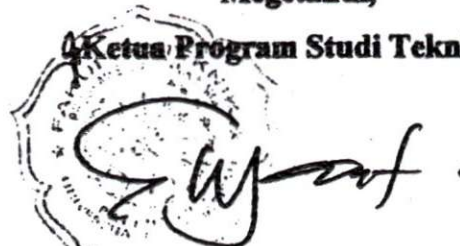
Dekan Fakultas Teknik UMP



()
Dr. Ir. Kgs. A. Roni, MT

Megetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia



Dr. Eko Ariyanto, M. Chem. Eng

Motto :

"Hai orang-orang yang beriman, jadikanlah sabar dan shalatmu sebagai penolongmu, sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar" (Al-Baqarah: 153)

"Barang siapa yang keluar dalam menuntut ilmu maka ia adalah seperti berperang di jalan Allah hingga pulang" (H.R. Tirmidzi)

"jadi diri sendiri, cari jati diri dan mendapatkan hidup yang mandiri, optimis, karena hidup terus mengalir dan kehidupan terus berputar, sesekali lihat ke belakang untuk melanjutkan perjalanan yang tiada ujung.

Persembahan :

Kupanjatkan syukur yang terdalem kepada Allah SWT atas semua karunia yang telah diberikan dalam hidupku. Proposal Penelitian ini kupersembahkan untuk:

➤ *Kedua orang tuaku tercinta (Ayahku, KMS Nangcik dan Ibuku Yanti)*

" Yang menjadi orang tua terhebat sejagad raya, yang selalu memberikan motivasi, nasehat, cinta, perhatian, kasih sayang, serta doanya yang tiada henti kepada ananda, hanya bisa kupersembahkan kebahagiaan dan kebanggaan ini. Always dear mom and dad"

➤ *Saudari laki-laki ku yang kusayangi, Wahyu dan Reihan. yang tak pernah terpisahkan,*

"Terimakasih banyak buat doa dan motivasinya selama ini" Love you all

➤ *Keponakanku terlucu aak Ikhsan "Terimakasih sudah buat tertawa di saat lelah melaksanakan Proposal Penelitian"*

➤ *Pacar & teman-teman sepejuanganku:*

➤ *Nys. Husnah F.N "Terima kasih atas semua bantuan dan semangatnya selama proses Penelitian & penyusunan laporan" miss you.*

➤ *Safida ST, Misparadita ST, Herty ST, Siti Amira ST, Mbak Tiara Ganti, Asri, Tiara Indah, M.Roy, Elpin, Rjal, Haseni, Bayu, Alex Trisno, Alexsander, "terima kasih atas semangat selama penelitian" Wish you all the best.*

➤ *Safida ST, Misparadita Putri ST, Herawati A.Md " Terima kasih telah membantu proses penelitian di Laboratorium Teknik Kimia"*

✦ Segenap staf prodi Teknik Kimia “ terimakasih untuk tahun-tahun penuh motivasi di Teknik Kimia”

✦ Agama, almamaterku & tanah air tercinta

ABSTRAK

FOTOKATALIS TiO₂ DENGAN PENAMBAHAN H₂O₂ UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI PERTAMBANGAN BATUBARA

(Henra Satria Wibowo, 2016, 40 Halaman, 3 Tabel, 8 Gambar, 2 Lampiran)

Penggunaan fotokatalis TiO₂ dengan sinar UV dan penambahan H₂O₂ (30%) dilakukan dengan tujuan mengurangi konsentrasi logam Fe dan Hg pada air limbah batubara. Penelitian ini dimulai dengan uji fotokatalis TiO₂ dalam 20 ml air limbah batubara menggunakan sinar UV selama 1 jam pengadukan dengan kecepatan 60 rpm. Hasil penelitian ini menunjukkan konsentrasi Fe dan Hg dalam limbah hanya menunjukkan penurunan 10%. Kemudian dilakukan uji fotokatalis TiO₂ dalam 25 ml air limbah batubara dengan penambahan H₂O₂ (30%) dengan konsentrasi 0,25 ; 0,5 ; 0,75, dan 1 menggunakan sinar UV dan pengadukan selama 1 jam dengan kecepatan 60 rpm. Hasil penelitian ini menunjukkan penurunan konsentrasi Fe sebesar 50% dan Hg sebesar 76% pada penambahan H₂O₂ (30%) dengan konsentrasi 1ml, dan menunjukkan kenaikan pH menjadi 7 dari sampel awal limbah yang mengandung pH 5.

Kata Kunci : Fotokatalis TiO₂, H₂O₂, air limbah batubara, Fe, Hg, sinar UV

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur selalu dipanjatkan kepada Allah SWT karena atas berkat, rahmat, dan karunia-NYA jualah akhirnya penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir dengan judul “ Fotokatalis TiO_2 dengan penambahan H_2O_2 untuk mengolah limbah cair industri pertambangan batubara”.

Penulisan Tugas ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan pendidikan stara satu di Fakultas Teknik Program Studi Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang dan bertujuan untuk menggali dan menerapkan ilmu yang telah didapat selama kuliah. Penyusun menyadari bahwa di dalam penyusunan Proposal penelitian masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu penyusun sangat mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak agar penyusunan Proposal penelitian ini dapat lebih baik.

Pada kesempatan ini, Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan selama pengerjaan Tugas ini, terutama kepada :

1. Kedua Orang tua yang telah memberikan doa, semangat, dukungan, dan motivasi selama melakukan studi.
2. Bapak DR. Ir. Kgs A. Roni. MT, sebagai Dekan Fakultas Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang.
3. Bapak Dr. Eko Ariyanto, M.Chem.Eng, sebagai Ketua Program Studi Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang.
4. Ibu Netty Herawati, ST,MT, sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang.
5. Ibu Dr. Ir. Marhaini, MT, sebagai Dosen pembimbing I
6. Bapak Ir. Agussidi Najib, M.si, sebagai Dosen pembimbing II.
7. Bapak dan Ibu Dosen yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat dan mata kuliah serta membimbing dari awal sampai akhir kuliah.
8. Semua pihak yang terlibat dan turut membantu dalam penyelesaian tugas ini.

9. Rekan-rekan Mahasiswa di Fakultas Teknik Program studi Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang.

Semoga Laporan Tugas Proposal penelitian ini dapat bermanfaat bagi rekan mahasiswa dan untuk semua pihak yang berkepentingan. Amin.

Palembang, Januari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Permasalahan	4
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Industri Pertambangan	5
2.2. Air Asam Tambang (AAT).....	6
2.3. Pengertian Fotokatalis.....	8
2.4. Titanium (IV) Oksida.....	9
2.5. Pengolahan Air Asam Tambang	11
2.6. Metode Successive Allinity Producing System (SAPS)	12
2.7. Metode Proses Oksidasi Lanjut (AOPs)	14
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1. Lokasi Penelitian.....	19
3.2. Alat dan Bahan	10
3.3. Prosedur Penelitian	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Fotokatalis TiO ₂	22
4.2. Fotokatalis TiO ₂ Dalam Menghilangkan Logam Fe dan Hg..	23
4.3. Pengaruh TiO ₂ Dengan Penambahan H ₂ O ₂ 30% Dalam mendegradasi Air Limbah Batubara	23
BAB V PENUTUP	
5.1. Kesimpulan.....	28
5.2. Saran	28

DAFTAR PUSTAKA 29
LAMPIRAN I 33
LAMPIRAN II 34

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Alat-alat Yang Digunakan Dalam Penelitian	19
Tabel 4.1 Fotokatalis TiO ₂ dalam menghilangkan kadar logam Fe dan Hg.....	23
Tabel 4.2 Pengaruh TiO ₂ 0,08gr Dengan Penambahan H ₂ O ₂ (30%) dalam Mendegradasi Air Limbah Batubara.....	24

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1	Pemilihan Pengolahan Air Asam Tambang Johnson and Hallberg, 2005a 12
Gambar 2.2	Skematis Teknologi AOPs Dan Kombinasi Prosesnya 15
Gambar 3.1	Fotokatalis TiO_2 Dalam Menghilangkan Logam Berat Dalam Air Limbah Industri Pertambangan Batubara 20
Gambar 3.2	Pengaruh Penambahan H_2O_2 30% Terhadap Degradasi Air Limbah Batubara 21
Gambar 4.1	Uji SEM TiO_2 (UNS,2012)..... 23
Gambar 4.2	Grafik Penurunan Kadar Fe Dalam Air Limbah Batubara..... 25
Gambar 4.3	Grafik Penurunan Kadar Hg Dalam Air Limbah Batubara..... 26
Gambar 4.4	Grafik Kenaikan pH Dalam Air Limbah Batubara 27

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki cadangan batu bara yang sangat besar dan menduduki posisi ke-4 di dunia sebagai negara pengekspor batubara. Di masa yang akan datang batubara menjadi salah satu sumber energi alternatif potensial untuk menggantikan potensi minyak dan gas bumi yang semakin menipis. Pengembangan perusahaan pertambangan batubara secara ekonomis telah mendatangkan hasil yang cukup besar, baik sebagai pemenuhan kebutuhan dalam negeri maupun sebagai sumber devisa. Pertambangan batubara merupakan salah satu sumber devisa negara yang saat ini mendapat perhatian khusus, hal ini dikarenakan kegiatan pertambangan batubara ditanah air tentunya memiliki dampak negatif bagi makhluk hidup dan lingkungan sekitarnya. Dampak negatif dari aktifitas pertambangan batu bara bukan hanya menyebabkan terjadi kerusakan lingkungan, melainkan ada bahaya lain yang saat ini diduga sering disembunyikan para pengelola pertambangan batu bara di Indonesia. Kerusakan permanen akibat terbukanya lahan, kehilangan beragam jenis tanaman, dan sejumlah kerusakan lingkungan lain ternyata hanya bagian dari dampak negatif yang terlihat di depan mata.

Pertambangan batubara ternyata menyimpan bahaya lingkungan sangat berbahaya bagi manusia, yaitu air buangan tambang dari proses pencucian batubara yang lebih dikenal dengan *Sludge*. Selain itu dihasilkan juga air limbah yang berasal dari *coal processing plant* (CPP) yaitu hasil dari pembersihan *crusher* batubara. Dimana proses pengiriman batubara kekonsumen, batubara yang berasal dari tambang sebelum masuk ke angkutan dilakukan penghancuran/*crushing* menjadi ukuran kecil. Proses penghancuran tersebut sebelum batubara masuk ke *crusher* batubara tersebut disiram dengan air, yang bertujuan untuk mengurangi debu yang dihasilkan dan menjadikan batubara lebih

bersih dan murni sehingga memiliki nilai jual tinggi. Proses ini dilakukan pada saat eksploitasi biasanya batubara bercampur tanah dan batuan. Air limpasan dari proses inilah yang berpotensi merusak lingkungan karena melarutkan partikel-partikel mengandung B3 dan terbawa ke badan air sungai sehingga air menjadi tercemar dan dapat mengganggu kesehatan masyarakat yang menggunakan air tersebut maupun biota air yang ada didalamnya, baik secara langsung karena tingkat keasaman yang tinggi maupun karena peningkatan kandungan logam di dalam air (air yang bersifat asam mudah melarutkan logam-logam). Saat ini banyak dari pihak industri pertambangan yang tidak mengekspos secara detail tentang bahaya air cucian batubara. Limbah cucian batu bara yang ditampung dalam bak penampung sangat berbahaya karena mengandung logam-logam beracun yang jauh lebih berbahaya dibandingkan dengan proses pemurnian pertambangan emas yang menggunakan sianida (CN).

Semakin berkembang dan ketatnya peraturan serta kesadaran terhadap kelestarian lingkungan masyarakat saat ini, mengharuskan pihak industri mencari upaya yang selalu lebih efektif dan efisien untuk mengolah air limbah. Kewajiban ini salah satunya juga untuk mendukung sistem pembangunan berkelanjutan yang terdiri dari 3 aspek utama yaitu; sosial, ekonomi dan lingkungan. Komitmen dari industri pertambangan batubara terus meningkatkan pengelolaan lingkungan melalui pengolahan air limbah yaitu dengan menggunakan pengolahan air limbah (IPAL) dan Minimasi Pemisah Air Limbah (MPAL). Upaya penyempurnaan pengolahan air limbah telah dilakukan dengan menggunakan larutan kapur. Metode pemisahan ini memiliki keterbatasan, diantaranya tidak dapat mengurangi kualitas air limbah pengolahan atau pencucian batubara seperti pH, Residu tersuspensi, logam berat dibawah baku mutu Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 113 tahun 2003 dan SK Gubernur No. 18 tahun 2005. Sedangkan menurut Liang Li dan Yan Liu (2009), proses pengolahan limbah secara biologis (mikroba) tidak akan berlangsung secara maksimal atau terganggu apabila pada limbah ditemukan senyawa kimia yang beracun (toxic) sehingga akan mempengaruhi dari unit pengolahan limbah.

Bertitik tolak dari uraian diatas, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian mengenai pengolahan air limbah batubara dilakukan secara kimia dan fisika. Teknologi yang diterapkan berbasis teknologi secara kimia adalah Advanced Oxidation Process (AOP) atau oksidasi tingkat lanjut yang merupakan teknologi pengolahan air limbah dengan prinsip oksidasi tingkat lanjut menggunakan oksidator kuat dengan menggunakan fotokatalis TiO_2 dan penambahan H_2O_2 . Proses oksidasi tingkat lanjut ini dapat digunakan sebagai alternatif pengolahan air limbah batubara yang cukup ekonomis. Proses ini mampu menghemat tempat, sederhana, waktu pengolahan dan reaksi relatif cepat serta reaksi mudah diaplikasikan dan dikontrol. Beberapa oksidator kuat seperti hidrogen peroksida (H_2O_2) relatif murah dan mudah diperoleh serta dapat dimanfaatkan sebagai pengoksidasi pada proses oksidasi tingkat lanjut. Hidrogen peroksida merupakan oksidator yang cukup aman terkait dengan bentuk akhir setelah proses dimana akan terpecah menjadi H_2 dan O_2 (Munanto, 2006). Hidrogen peroksida mudah sekali terdekomposisi menjadi oksigen dan air. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi dekomposisi hidrogen peroksida ialah suhu dan pH (Strukul, 1992). Secara komersial serbuk TiO_2 juga mudah di dapat dan diproduksi dalam jumlah besar (Slamet *et al.*, 2003). Selain itu TiO_2 merupakan semikonduktor yang memiliki titik leleh, fotoaktivitas, kestabilan termal dan kimia tinggi, memiliki sifat tidak beracun dan juga salah satu katalis yang baik untuk diaplikasikan dilingkungan karena sifatnya inert secara biologis dan kimia dan harganya relatif murah (Hoffmann *et al.*, 1995). Berdasarkan sifat-sifatnya tersebut maka TiO_2 merupakan fotokatalis yang paling efektif digunakan. TiO_2 sebagai salah satu material semikonduktor, TiO_2 telah banyak diteliti terutama dalam usaha pengolahan sumber energi matahari dan pengolahan limbah berbahaya.

1.2 Permasalahan

Permasalahan air asam tambang adalah suatu dampak potensial yang di hadapi industri pertambangan batubara. Kesalahan dalam pemantauan, pengumpulan dan pengolahan air limbah yang telah terbentuk air asam tambang dapat menyebabkan kontaminasi terhadap air tanah dan air permukaan yang berdampak kepada ekosistem perairan dan manusia. Dengan penanganan yang baik maka diharapkan dampak negatif yang dikhawatirkan dapat diminimalisasi atau bahkan dicegah sehingga kelestarian tetap terjaga untuk menjamin kualitas hidup di masa mendatang. Diharapkan hasil akhir pengolahan air limbah industri pertambangan harus dapat memenuhi baku mutu air yang telah ditetapkan Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 113 tahun 2003 dan SK Gubernur Selatan No. 18 tahun 2005.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui penurunan kadar polutan terukur sebagai besi (Fe) dan rakasai (Hg) dari air limbah industri pertambangan batubara.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Memberikan solusi pengolahan limbah industri yang menghasilkan logam berat yang ramah lingkungan dengan menggunakan oksidasi tingkat lanjut (fotokatalis TiO_2 dan penambahan H_2O_2)
2. Sebagai metode alternatif pengolahan limbah cair industri pertambangan batubara dalam menurunkan parameter polutan Besi (Fe) dan raksa (Hg) sebagai dampak negatif industri pabrik pertambangan batubara.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Industri Pertambangan

Air asam tambang adalah salah satu permasalahan lingkungan yang dihasilkan oleh industri pertambangan. Air asam tambang merupakan hasil dari oksidasi batuan yang mengandung pirit (FeS_2) dan mineral sulfida dari sisa batuan yang terpapar oleh oksigen yang berada dalam air (Elberling *et.al*, 2010). Permasalahan air asam tambang adalah salah satu dampak potensial yang dihadapi industri pertambangan. Air asam tambang juga mengandung logam berat besi (Fe) dan raksa (Hg). 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.

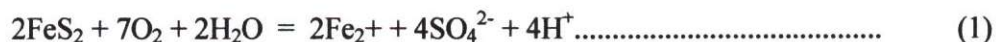
Seperti diketahui beberapa komponen atau kegiatan pertambangan menghasilkan dampak yang serius terhadap lingkungan. Kolam tailing (*tailing impoundment*) dan penempatan batuan sisa (*waste rock piles*) merupakan bagian yang harus benar-benar diperhatikan karena menghasilkan dampak negatif terhadap saluran air, tanah dan air permukaan (Bussiere, 2009).

Langkah pertama yang digunakan untuk mengelola air asam tambang adalah dengan mengetahui sumber produksi pembentuk potensial asam. Produksi potensial asam umumnya berasal dari penilaian melalui sisa batuan (*waste rock*) yang dianalisis, dimana dapat dibagi atas 2 kategori analisis, yaitu analisis statis atau analisis dinamis atau kinetik. Dalam tes statis, seluruh analisis batuan digunakan untuk memprediksi kualitas air asam tambang, dengan asumsi bahwa mineral-mineral spesifik yang terdiri dari batuan sisa akan bereaksi dengan air akan menghasilkan tingkat asam atau basa yang bervariasi. Alternatif lain adalah test dinamis yang secara empiris menentukan kualitas lindi bersarkan subjek batuan sampel yang disimulasikan dengan proses pelapukan dan pemantauan

kualitas efluen yang dihasilkan. Masing-masing teknik mempunyai kelebihan dan kekurangan satu dengan yang lainnya (Bradham dan Carrucio, 1990).

2.2 Air Asam Tambang (AAT)

Air asam tambang (ATT) dihasilkan di atau dalam sisa batuan, tailing, dinding pit tambang terbuka dan tambang bawah tanah. Mineral sulfida seperti pirit teroksidasi dan hadir di air dan udara melalui oksigen yang menghasilkan air asam tambang melalui proses kimia dan biokimia. Oksidasi mineral sulfida dapat dideskripsikan dengan persamaan (Morin and Hutt, 1997) dengan langkah pertama terjadinya oksidasi langsung dari pirit (FeS_2) oleh oksigen yang menghasilkan sulfat (SO_4^{2-}), ferrous iron (Fe^{2+}) dan keasaman (H^+):



Reaksi selanjutnya ferrous iron teroksidasi menjadi ferric iron (Fe^{3+})



Ferrous iron juga dapat teroksidasi menghasilkan iron hidroksida (FeOOH) dan keasaman.



Pada saat $\text{PH} > 4$, Fe^{3+} akan terendapkan sebagai ferric hidroksida ($\text{Fe}(\text{OH})_3$), lepas ke lingkungan dengan sangat asam.



Pada sat $\text{PH} < 4$, Ferric iron akan larut dan mengoksidasi pirit secara langsung dan melepas asam sekelilingnya dengan bebas.



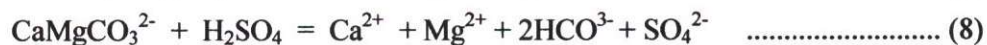
Secara keseluruhan reaksi oksidasi pirit dapat diperlihatkan sebagai berikut :



Oksidasi 1 mol pirit akan menghasilkan 2 mol asam sulfur. Secara umum pertimbangan litelatur (Aubertin *et al*, 2002a) bahwa oksidasi oleh oksigen (persamaan 1) berlangsung pada pH netral ($5 < \text{pH} < 7$), sementara itu oksidasi tidak langsung (persamaan 5) lebih dominan pada pH rendah ($\text{pH} < 3$). Persamaan diatas berdasarkan persamaan stoikiometri tanpa mempertimbangkan kondisi kinetik setiap reaksi. Seperi nilai rata-rata oksidasi sebagai fungsi faktor

penambah (Jerz dan Rimstidt, 2004), supply oksigen, temperatur, pH, aktivitas bakteri, luas paparan. Pertimbangan secara umum rata-rata reaksi dikontrol oleh (persamaan 2). Rata-rata reaksi berjalan lambat pada pH rendah, tetapi meningkat dengan cepat dan menurunkan pH karena adanya bakteri. Contohnya *Acidithiobacillus ferrooxidans* sebagai katalisator reaksi oksidasi ferrous iron menjadi ferric iron.

Kualitas kimia dari drainase juga tergantung dari mineral lain yang ada di batuan sisa. Asam dapat bereaksi dengan penetral oleh karbonat dan mineral silicate, yang dapat dipertimbangkan sebagai penetral utama adalah calcite (CaCO_3) dan doomite ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) (Lapakko, 1992).



Persamaan diatas memperlihatkan bahwa 2 mol calcite dan 1 mol dolomit dibutuhkan untuk menetralkan 1 mol asam sulfur. Kapasitas mineral penetral untuk membatasi pembentukan air asam tambang juga tergantung kepada faktor yang berbeda-beda untuk mempengaruhi proses reaksi seperti : temperatur, pH, tekanan dan permukaan mineral.

Ketika potens penetral kurang dari potensial pembentukan asam, air asam tambang akan terjadi dan diperlukan pengukuran yang akurat dan tindakan mitigasi. Beberapa tahun terakhir, beberapa teknik telah diajukan untuk membatasi dampak air asam tambang terhadap lingkungan. Salah satu pendekatan yang dikembangkan untuk mengontrol produksi air asam tambang dari tailing dan batuan sisa adalah dengan mengeliminasi atau menghilangkan satu atau lebih dari 3 komponen utama reaksi oksidasi yaitu : oksigen, air dan mineral sulfida. Beberapa metode yang dikembangkan adalah :

a. Ekstraksi sulfida

Kehadiran mineral sulfida adalah esensi utama pembentukan air asam tambang. Air asam tambang dapat dikontro dengan melakukan ekstraksi mineral sulfida sehingga membatasi pembentukan air asam tambang di lingkungan. *Recovery* atau penyimpangan mineral sulfida yang diperlukan tergantung kepada

jumlah mineral penetrasi. Teknik yang berbeda dapat digunakan untuk memisahkan sulfida dari tailing (Bussiere, 2009). Metode kontrol seperti ini secara umum sangat aplikatif untuk pertambangan yang sedang beroperasi.

b. Hambatan oksigen/ *oxygen barriers*

Oksigen merupakan salah satu komponen kunci terhadap pembentukan air asam tambang. Membatasi kemampuan oksigen bereaksi pada batuan sisa adalah salah satu teknik yang paling sering digunakan untuk mengontrol air asam tambang, terutama ada daerah lembab (MEND, 2008). Pendekatan yang berbeda dapat digunakan untuk menghambat oksigen dengan cara menempatkan pelindung air dan mengatur elevasi air tanah.

2.3 Pengertian Fotokatalis

Istilah fotokatalis merupakan gabungan dua kata yaitu foto dan katalisis, sehingga dapat diartikan sebagai suatu proses kombinasi reaksi fotokimia yang memerlukan unsure cahaya dan katalis untuk mempercepat terjadinya transformasi kimia. Transformasi tersebut terjadi pada permukaan katalis yang katalisnya disebut sebagai fotokatalis. Fotokatalis merupakan salah satu metode AOPs (Advanced Oxidation Processes). Karakteristik AOPs adalah pembentukan radikal bebas yang sangat aktif, terutama radikal hidroksil (OH^\cdot) [Malato, 2003]. Bahan yang dapat dijadikan fotokatalis merupakan semikonduktor yang mampu mengadsorpsi foton.

Proses fotokatalis banyak diaplikasikan untuk penghilangan atau pendegradasian polutan cair menjadi senyawa yang lebih ramah lingkungan, misalnya untuk pengolahan fenol. Suatu teknologi yang didasarkan pada iradiasi fotokatalis semikonduktor seperti titanium dioksida (TiO_2), seng oksida (ZnO) atau cadmium sulfida (CdS) yang tergolong sebagai fotokatalis heterogen. Fotokatalis heterogen didefinisikan sebagai proses katalisis dimana satu atau lebih tahapan reaksi berlangsung dengan kehadiran pasangan electron-hole yang dihasilkan pada permukaan bahan semikonduktor yang diiluminasi oleh cahaya

pada tingkat energi yang sesuai. Adapun prosesnya dapat dilakukan dalam berbagai media, yaitu organik murni fase cair dan larutan encer.

Proses keseluruhan yang terjadi pada reaksi katalisis heterogen, baik yang diaktifasi secara termal (katalisis konvensional) maupun yang diaktifasi dengan cahaya (fotokatalisis) adalah sebagai berikut [Fogler, 1999] :

1. Transfer massa reaktan dalam fase fluida (cair atau gas) ke permukaan katalis.
2. Adsorpsi reaktan ke permukaan katalis.
3. reaksi dalam fase teradsorpsi.
4. Desorpsi produk dari permukaan.
5. Pemindahan produk (transfer massa) dari daerah antar permukaan (interfasa).

Reaksi fotokatalisis terjadi pada fase teradsorpsi. Perbedaannya dengan katalisis konvensional hanyalah model aktivasi katalis dimana aktivasi termal pada proses katalisis digantikan oleh aktivasi foton. Model aktivasi ini tidak pada tahap 1, 2, 4 dan 5, walaupun fotoadsorpsi dan fotodesorpsi reaktan terutama oksigen ada.

Reaksi fotokatalisis mempunyai sifat yang khusus bila dibandingkan dengan reaksi lainnya. Sifat khusus tersebut meliputi :

1. Reaksi fotokatalisis menggunakan daya oksidasi yang sangat tinggi.
2. Reaksi fotokatalisis merupakan reaksi permukaan.
3. Reaksi fotokatalisis terjadi melalui radiasi sinar UV

2.4 Titanium (IV) Oksida

Titanium selalu berikatan dengan elemen-elemen lain yang ada di alam, dan tersebar secara luas. Bentuk dari titanium (IV) oksida sendiri ada enam, yaitu anatase, rutil, brookite, ilmenite, perovskite, dan titanite (Emsley, 2001). Ketika titanium berikatan hanya dengan oksigen berbentuk senyawa titanium oksida. Dari keseluruhan jenis-jenis titanium (IV) oksida, hanya anatase, brookite, dan rutil yang merupakan bentuk murni dari senyawa titanium (IV) oksida.

(1) Rutil

Titanium (IV) oksida rutil mempunyai struktur tetragonal dan mengandung 6 atom per unit sel. Bentuk oktahedron TiO_6 sedikit menyimpang (Chen and Mao,

2007; Thompson and Yates, 2006; Diebold, 2003). Menurut Julian and Veblen (1992), rutile memiliki tiga bentuk, yaitu TiO_2 II (mempunyai struktur seperti $\alpha\text{-PbO}_2$), TiO_2 (H) yang memiliki struktur hollandite, dan TiO_2 (B) yang memiliki struktur monoklinik. Bentuk rutile stabil pada berbagai temperatur dan tekanan lebih dari 60 kbar, dimana TiO_2 (II) menjadi fase termodinamis yang menguntungkan (Norotski *et al* 1967). Zhang *et al* (2000) menemukan struktur anatase dan brokit menjadi bentuk rutile setelah mencapai ukuran partikel khusus, dengan bentuk rutile menjadi lebih stabil daripada anatase untuk ukuran partikel lebih besar dari 14 nm. Ketika bentuk rutile telah terbentuk, terbentuknya lebih cepat daripada anatase. Aktifitas dari bentuk rutile pada fotokatalis buruk. Bagaimanapun, Sclafani *et al* (1990) menyimpulkan bentuk rutile dapat aktif atau tidak aktif, tergantung pada kondisi preparasinya.

(2) Anatase

Anatase titanium (IV) oksida berbentuk struktur tetragonal tetapi mengalami distorsi dari bentuk oktahedron TiO_6 menjadi sedikit lebih besar dari bentuk anatase (Linsebigler *et al* 1995). Bentuk anatase lebih stabil daripada rutile pada suhu 0 K, tetapi perbedaan energi antara dua bentuk tersebut kecil (~ 2 sampai 10 kJ/mol). Bentuk anatase lebih disukai daripada bentuk polimorf lainnya untuk aplikasi sel tenaga surya karena mobilitas tinggi dari elektronnya, tetapan dielektriknya rendah dan berat jenisnya lebih rendah (Carp *et al* 2004).

(3) Brookite

Brookite memiliki struktur kristal ortorombik. Panjang ikatan antara titanium dan oksigen semuanya berbeda. Band gap dari brookite sekitar 3,14 eV berdasarkan persamaan Huckel. Band gap dari brookite berada diantara anatase (3,23 eV) dan rutile (3,02 eV). Kesukaran dalam proses sintesis brookite yang mempunyai kemurnian tinggi dan luas permukaan yang besar menjadi satu alasan brookite kurang dipelajari untuk sifat fotokatalitiknya (Di Paola *et al*, 2013).

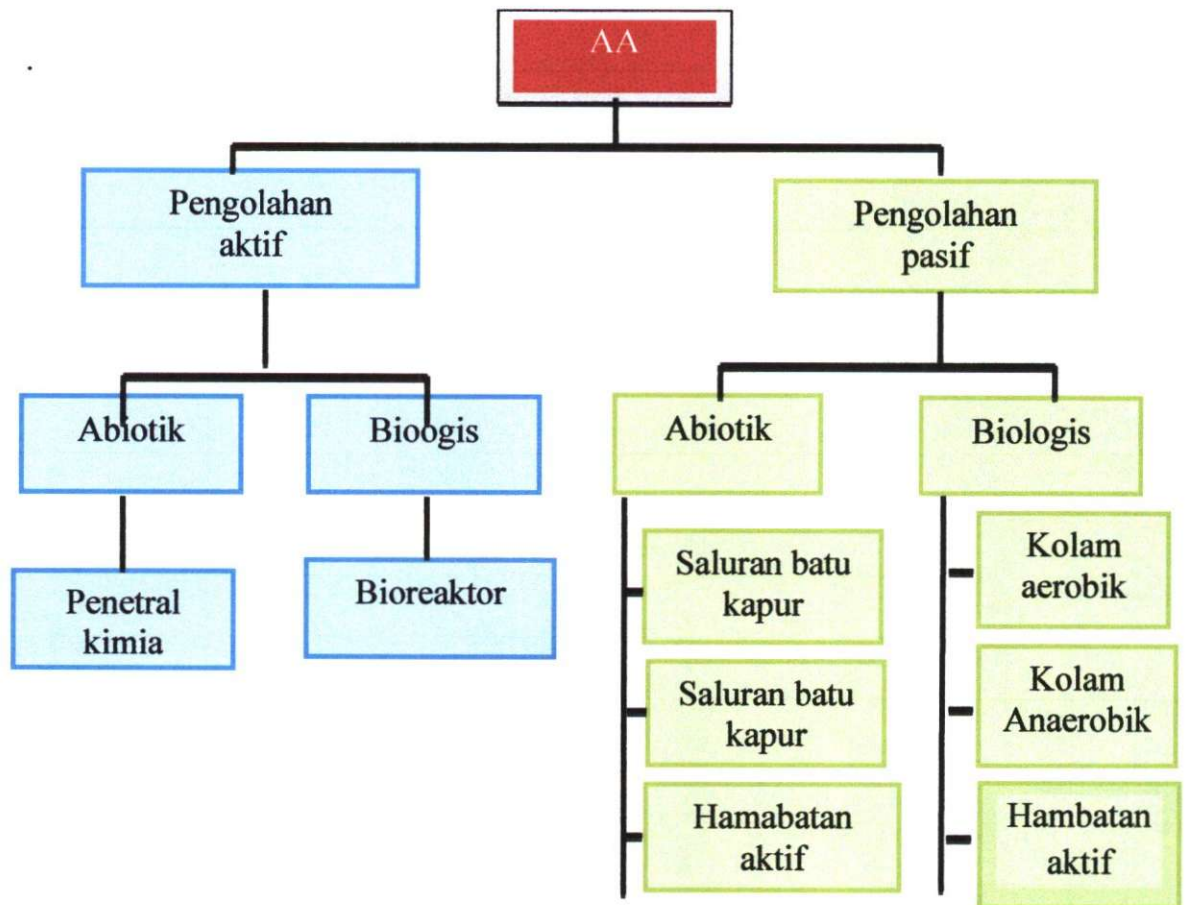
Struktur titanium (IV) oksida yang cukup stabil ada dua, yaitu anatase dan rutile. Struktur dari anatase dan rutile dapat digambarkan sebagai rantai oktahedron titanium (IV) oksida. Oktahedral pada struktur rutile dikelilingi oleh 10 oktahedron tetangga, sedangkan pada struktur anatase setiap oktahedronnya

dikelilingi 8 oktahedron lainnya (Cherepy *et al*, 1997). Perbedaan struktur anatase dan rutile menyebabkan perbedaan massa jenis dan struktur pita elektroniknya antara dua bentuk titanium (IV) oksida, yaitu anatase mempunyai daerah aktivasi yang lebih luas dari pada rutil. Hal ini menyebabkan titanium (IV) oksida jenis anatase lebih reaktif dibandingkan dengan jenis rutile (Ramdhani, 2012)

2.5 Pengolahan Air Asam Tambang

Pemilihan pengolahan air asam tambang dikategorikan atas 2 yaitu pengolahan pasif dan pengolahan aktif. Pengolahan yang paling umum digunakan adalah dengan metode mengolah debit air asam tambang dengan pengolahan aktif dimana pengolahan menggunakan kimia penetral yang diambahkan terus menerus ke air asam tambang, (Johnson and Hallberg, 2005). Proses penetralan air asam tambang ini akan mengendapkan logam-logam terlarut dan akan membentuk selimut lumpur (*sludge blanket*). Kelemahan dari pengolahan aktif ini adalah memerlukan biaya yang besar dan memindahkan atau membuang selimut lumpur yang mengandung logam.

Pemilihan metode pasif dalam pengolahan air asam tambang dibandingkan dengan pengolahan secara aktif mempunyai kelebihan terutama dari segi perawatan dan biaya yang lebih rendah. Sistem pengolahan pasif hanya memerlukan perawatan dan penggantian secara periodik. Gambar 1. Memperlihatkan beberapa alternatif pemilihan pengolahan air asam tambang



Gambar 2.1 Pemilihan Pengolahan Air Asam Tambang, Johnson and Hallberg, 2005a

2.6 Metode Successive Alkalinity Producing System (SAPS)

Successive Alkalinity Producing System (SAPS) merupakan salah satu metode pengolahan pasif air asam tambang yang terdiri atas lapisan bahan organik dan batu kapur. Keduanya disusun vertikal dengan ketebalan tertentu. Air asam tambang yang diolah akan mengalir secara vertikal ke dalam sistem berdasarkan tekanan gravitasi hidrolis.

Pada sistem SAPS terdapat dua proses utama yang menyebabkan terjadinya peningkatan pH dan reduksi logam, yakni larutnya batu kapur dan reduksi sulfat secara biologis. Kedua proses ini menghasilkan alkalinitas dalam bentuk bikarbonat sebagai senyawa penetral.

Lapisan bahan organik yang umum digunakan adalah komposisi produk organik sisa yang biasanya dari industri perkembangbiakan jamur yang disebut dengan *Spent Mushroom Substrat* (SMS). SMS ini mengandung nutrient dan penyedia sumber karbon (Newcombe, 2009). Media SMS ini sangat kaya jenis mikrobiologi di dalamnya, tinggi kandungan organiknya tetapi rendah konsentrasi material esensi nutrient untuk tumbuhan.

Serbuk gergaji yang terdapat dalam komposisi SMS berfungsi sebagai penyedia nutrisi bagi jamur. Sebelumnya digunakan sebagai media, biasanya serbuk kayu harus dikompos terlebih dahulu agar bisa terurai menjadi senyawa yang lebih sederhana agar mudah dicerna oleh jamur. Proses pengomposan berlangsung 1 – 2 hari menggunakan plastik atau terpal. Alternatif bahan yang digunakan untuk mengganti serbuk kayu adalah berbagai macam ampas, misalnya ampas kopi ampas kertas, ampas tebu dan ampas teh. Dedak atau bekatul berfungsi sebagai substrat dan penghasil kalori untuk pertumbuhan jamur.

Aspek desain SAPS yang harus diperhatikan adalah temperatur antara 40°C dan terendah 1°C, dengan reduksi sulfat sebesar 20% (Gusek *et al*, 2002), tipikal reduksi sulfat antara 200 - 600 mmol/m³/hari, rekomendasi adalah 300 mmol/m³/hari untuk desain SAPS (Wildman *et al*, 1994). Studi yang dilakukan oleh Thomas *et al*, 2006, menyatakan bahwa logam seperti Fe, Al, Cu, Zn dan Ni dapat terakumulasi dalam substrat sepanjang waktu, walaupun fase akumulasi berubah terhadap *loading rate* dan waktu. Dengan ketebalan batu kapur 1 m dan diameter 1,3 – 1,9 cm dapat menghasilkan paling sedikit 100 mg/L alkalinitas untuk periode 10 tahun.

Menurut Slamet (2003), efisiensi pengolahan secara pasif air asam tambang dengan bioreaktor, dalam hal ini SMS dan batu kapur dapat menaikkan pH dari 2,9 – 5,7 menjadi pH 6 dan mereduksi logam 60 – 82% untuk logam Fe, dan 99,9% untuk logam Cd, Ni dan Zn dengan *hidraulic retention times* (HRTs) atau waktu kontak 3, 7 dan 10 hari.

2.7 Teknologi Proses Oksidasi Lanjut (AOPs)

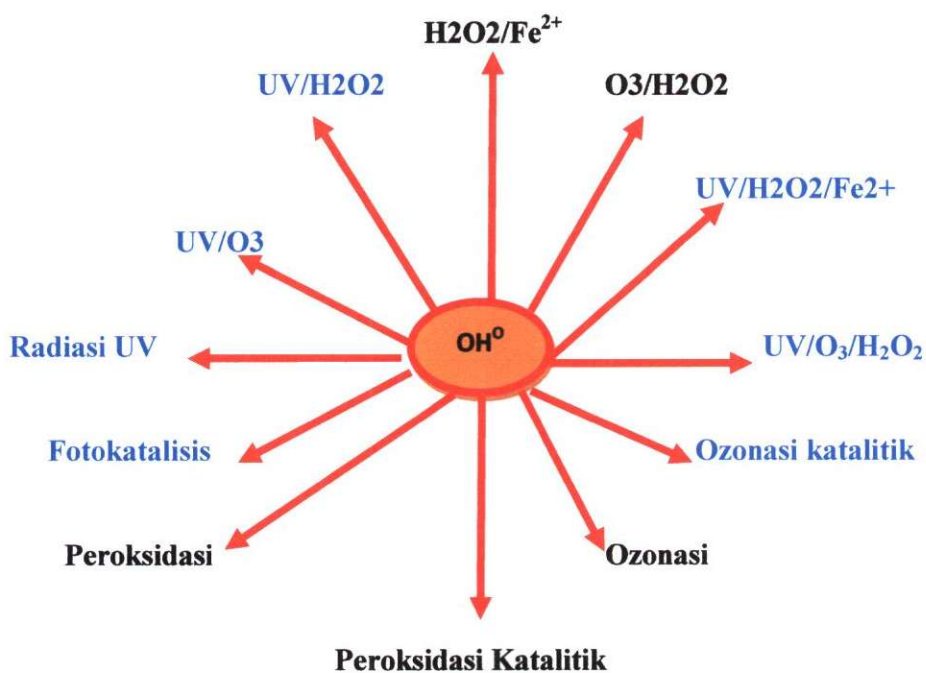
Secara definisi umum, Teknologi Proses Oksidasi Lanjut (disingkat sebagai AOPs) adalah gabungan atau kombinasi dari beberapa proses seperti ozon (O_3), hydrogen peroksida (H_2O_2), radiasi sinar UV, dan titaniumoksida (TiO_2 -*photocatalyst*) yang difokuskan untuk dapat menghasilkan radikal hidroksil (dapat ditulis sebagai $^{\circ}OH$ atau OH^{\bullet}) sebagai sumber oksidator kuat sekaligus akselerator proses penyisihan kontaminan (polutan) dalam limbah, baik dalam bentuk fasa cair maupun fasa gas.

Pemilihan radikal OH yang berperan sebagai oksidator kuat, adalah karena spesies aktif ini memiliki potensial oksidasi relatif paling tinggi, yaitu sekitar 2.8 V. Potensial oksidasi radikal OH lebih besar dari ozon (2.07 V). Potensial oksidasi yang besar ini dapat membuat radikal OH sangat mudah mengoksidasi senyawa-senyawa reduktor lain yang ada di sekitarnya (Ruppert and Bauer, 1994, Andreozzi *et al.*, 2000).

Dewasa ini, metode-metode AOPs dengan kombinasi dari O_3 , H_2O_2 , dan UV merupakan metode terapan yang paling banyak diteliti serta dicoba untuk mengolah berbagai jenis limbah cair maupun gas. Empat jenis teknologi AOPs konvensional, ditambah dengan alternatif system system terbaru yang disebut *peroxone* (UV/ O_3 / H_2O_2) dan sistem **Foto-Fenton** (UV/ H_2O_2 / Fe^{2+}), yang semuanya intensif melibatkan radiasi UV adalah:.

- a. **Metode Fotokatalisis**, yang pada prinsipnya menggunakan katalis TiO_2 (titania) dalam fasa anatase, dalam bentuk serbuk nanopartikel, yang diaplikasikan sebagai fasa padatan (heterogen) baik terhadap fasa kontinyu cairan ataupun fasa gas. Teknologi fotokatalisis ini memanfaatkan sifat-sifat semikonduktor yang dimiliki oleh TiO_2 , yaitu sisi/bagian yang berperan sebagai penyedia **elektron** (bermuatan negatif, bersifat mereduksi) dan sisi lainnya sebagai **hole** (tempat yang kehilangan atau kekurangan elektron, bermuatan positif dan bersifat sebagai oksidator). Fenomena pembentukan **elektron-hole** ini dapat terjadi karena dipicu oleh keberadaan radiasi sinar UV (terutama radiasi sinar UV-A), termasuk juga radiasi UV sinar tampak dan sinar monokromatis lainnya.

- b. **Teknologi Radiasi UV**, yang pada dasarnya memanfaatkan kekuatan ataupun keistimewaan dari radiasi sinar UV, mulai dari panjang gelombang 10 nm sampai 380 nm. Namun, sampai saat ini, jenis radiasi UV-A (dengan panjang gelombang 315 – 380 nm) yang masih paling banyak mendominasi teknologi aplikasi AOPs. Di sisi lain, radiasi sinar UV-C (panjang gelombang 10 – 280 nm) lebih banyak digunakan dalam bidang kesehatan dan dunia kedokteran.



Gambar 2.2 Skematis Teknologi AOPs dan Kombinasi Prosesnya

Pada kenyataannya, efektifitas radiasi UV ini memiliki banyak kendala dalam aplikasinya terutama dalam hal “efektifitas radiasi foton pada media non-transparan” (daya tembus cahayanya) dan reaktivitasnya yang paling rendah di antara teknologi AOPs lainnya, sehingga sangat jarang Teknologi Radiasi UV diaplikasikan sendirian tanpa dikombinasikan dengan teknologi AOPs lainnya.

- c. **Metode UV/O₃**, diaplikasikan secara sinergis dengan prekursor ozon (O₃) karenaperanan radiasi sinar UV-C (khususnya pada panjang gelombang 184nm) yang berperan dalam memicu pembentukan (penggenerasian) ozon, terutama pada fasa cair. Sampai saat ini, aplikasi teknologi AOPs ini masih relatif sempit, yaitu terbatas pada proses disinfeksi dan purifikasi air minum (*tertiary treatment*). Kemampuan disinfeksi dari teknologi UV/O₃ ini bergantung pada konsentasi (dosis) ozone, intensitas UV dan waktu kontaknya (CT). Sistem UV/O₃ ini mampu mengoksidasi senyawa-senyawa organik dengan sangat cepat (*instantaneous*) tanpa meninggalkan residu disinfektan (ozon) seperti yang terjadi pada sistem disinfektan khlorin (Cl₂, ClO₂, HOCl) yang masih banyak digunakan oleh PDAM di Indonesia sampai saat ini. Beberapa hal yang diusulkan untuk sistem teknologi UV/O₃ ini, di antaranya adalah:
- Penggunaan desikator pengering udara (air dryer deccicant) sebagai pengganti sistem pasokan udara dari generator ozon (ozonator),
 - Dosis ozon dapat ditingkatkan dengan cara menaikkan laju alir udara yang masuk ke ozonator,
 - Mengoptimalkan sistem vakum dalam injektor venturi,
 - Dapat juga, digunakan generator oksigen sebagai pemasok O₂ ke dalam ozonator. Namun, opsi ini perlu dipertimbangkan karena investasinya yang cukup mahal
- d. **Metode UV/H₂O₂**, merupakan perbaikan kinerja (*enhancement*) dari metode fotolisis langsung menggunakan radiasi sinar UV. Dalam hal solusi alternatif dari penggunaan oksidator kuat di lapangan, metode UV/H₂O₂ ini hampir sebanding dengan system teknologi UV/O₃ seperti telah disebutkan di atas. Teknologi AOPs ini cukup efektif untuk pengolahan-pengolahan dan penyisihan kontaminan-kontaminan jenis EDCs (*endocrine disrupting contaminants*), yang umumnya beracun dan mampu menghasilkan produk-produk samping yang bersifat estrogenik. Evaluasi dari system pengolahan seperti ini bisanya dilakukan dengan metode kimia analitis dan diikuti dengan perubahan-perubahan

pengukuran atau analisis pada aktivitas estrogenic dengan menggunakan metode-metode analisi yang berbasis *in vitro* dan *in vivo*.

- e. **Metode UV/O₃/H₂O₂** sebagai teknologi alternatif dan pengembangan lebih lanjut dari metode-metode UV/O₃ dan UV/H₂O₂. Teknologi AOPs ini dikembangkan untuk mendapatkan konsentrasi atau jumlah radikal hidroksil (OH[•]) yang cepat dan nonselektif untuk pengolahan dan penyisihan kontaminan-kontaminan yang sangat sulit diolah (*persistent*), termasuk juga polutan-polutan dari jenis EDCs (*endocrine disrupting contaminants*).

Zat-zat oksidator, H₂O₂ dan O₃ ditambahkan ke dalam badan cairan yang akan diolah, dan kemudian diaktivasi dengan energi foton radiasi sinar UV sehingga secara spontan segera menghasilkan radikal hidroksil (OH[•]), dengan skema reaksi sebagai berikut:



Radikal-radikal hidroksil (OH[•]) dan oksigen-nascendi (O[•]) bereaksi secara spontan dengan kontaminan ataupun polutan terlarut, yang langsung menginisiasi reaksi oksidasi berantai sampai bereaksi atau teroksidasi secara sempurna (termineralisasi) menghasilkan CO₂ (dijumpai dalam bentuk asam karbonat) dan O₂.

- f. **Metode foto-Fenton (UV/H₂O₂/Fe²⁺)**, merupakan pengembangan dari metode Fenton yang dipicu aktifitasnya oleh energi foton sinar UV. Dewasa ini, metode-metode terkini seperti **Fenton (H₂O₂/Fe²⁺)** dan **foto-Fenton (UV/H₂O₂/Fe²⁺)** ini juga sudah terbukti efektivitasnya juga keekonomisannya sebagai teknologi AOPs untuk detoksifikasi dan degradasi (penyisihan) berbagai jenis senyawa organik (Lin *et al.*, 2000). Selain itu juga, bebrbagai studi penelitian menggunakan reagen-reagen Fenton telah menunjukkan keampuhannya dalam mengoksidasi pestisida (Huston and Pignatello, (1999), senyawa phenolic (Kwon *et al.*, 1999, Kiwi *et al.*, 1994, Wang *et al.*, 1999), senyawa aromatik (Casero *et al.*, 1997, Chen *et al.*, 1997), pewarna atau dye (Li *et al.*, 1999), surfactants

(Lin *et al.*, 1999) dan PCBs (*polychlorinated biphenyls*) (Sedlak *et al.*, 1991).

Yang dimaksud dengan reagent Fenton (*Fenton's reagents*) adalah suatu campuran antara peroksida H_2O_2 dengan ion fero atau Fe(II) atau besi(II) , yang dapat menghasilkan radikal hidroksil berdasarkan skematisasi berikut ini:



Dengan adanya substrat, yaitu kontaminan yang akan disisihkan melalui proses oksidasi, radikal-radikal hidroksil yang terbentuk mampu mendetoksifikasi atau melemahkan daya racun dari kontaminan tersebut melalui reaksi oksidasi. Berbagai reaksi-reaksi, yang melibatkan ion-ion dan radikal Fe^{2+} , Fe^{3+} , H_2O_2 , radikal OH^\bullet , radikal super-oksida, dan produk proses oksidasi ini akan saling bersaing dengan intensif dalam proses pengolahan menggunakan metode Fenton ini (Lin *et al.*, 2000). Efek katalitik dari ion Fe^{2+} dapat ditingkatkan lagi berkat keberadaan radiasi UV dalam larutan atau fasa cair. Oleh karena itulah, proses atau metode foto-Fenton mampu meningkatkan laju pembentukan ion Fe^{2+} dan kemudian menghasilkan spesi radikal OH^\bullet yang lebih banyak lagi, seperti ditunjukkan di bawah ini:



Oleh karena itulah, proses Foto-Fenton pada dasarnya dapat direpresentasikan oleh gabungan reaksi (7) dan (8) seperti di atas.

BAB III METODELOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di laboratorium Operasi Teknik Kimia Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.

3.2 Alat dan Bahan

1. Alat

Alat-alat yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 3.1 Alat-alat yang digunakan dalam penelitian

No	Alat	Spesifikasi	Kegunaan
1.	pH meter	Ketelitian 0,1 unit pH	Mengukur pH
2.	Gelas Ukur	-	Mengukur bahan
3.	Beaker Gelas	-	Tempat bahan
4.	Timbangan analitik	PE 300	Untuk menimbang
5.	Magnetik <i>stirrer</i>	-	Melarutan sampel
6.	Lampu UV	10 watt	Penerang
7.	<i>Hot plate</i>	-	Pemanas

2. Bahan

a. TiO_2 dan H_2O_2

TiO_2 dan H_2O_2 diperoleh dari pembelian toko bahan kimia yaitu kimia farma.

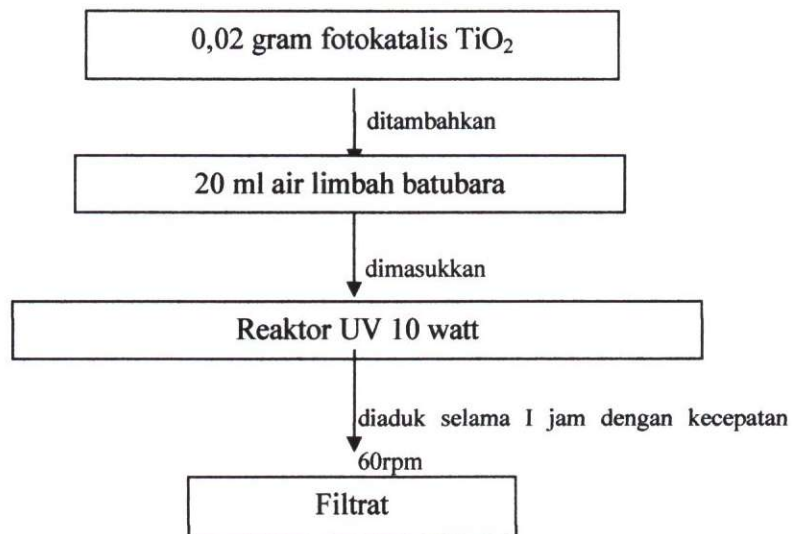
b. Media

Media yang digunakan dalam penelitian terdiri dari larutan air limbah industri Pertambangan batubara PT.Bukit Asam Tanjung Enim Sumatera Selatan.

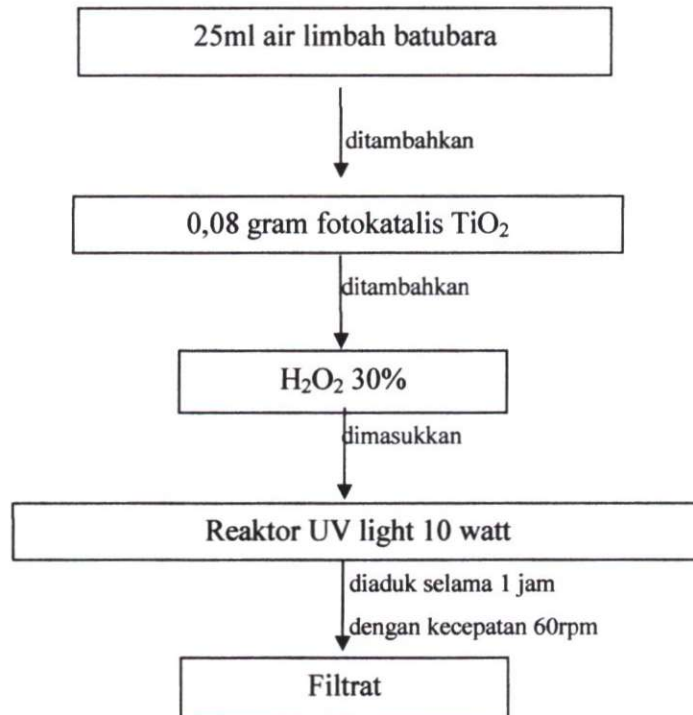
3.3 Prosedur Penelitian

- a. **Fotokatalis TiO₂ dalam Menghilangkan Logam Fe dan Hg**
0,02 gram TiO₂, ditambahkan 20 ml larutan air limbah batubara ,dimasukkan ke reaktor UV ligh 10 watt 220 volt, diaduk selama 1 jam dengan kecepatan 60 rpm. Campuran hasil pengujian dipisahkan dengan sentrifuge yang berbentuk filtrat.
- b. **Pengaruh penambahan H₂O₂ 30% terhadap degradasi air limbah batubara**
Air limbah industri batubara 10 mg/L sebanyak 25 mL ditambahkan fotokatalis TiO₂ sebanyak 0,08 gr, selanjutnya ditambahkan masing-masing 0; 0,25; 0,5; 0,75 dan 1,0 mL H₂O₂ 30 %. Dimasukkan ke reaktor UV ligh 10 watt, diaduk selama 1 jam dengan kecepatan 60 rpm. Campuran hasil pengujian dipisahkan dengan sentrifuge yang berbentuk filtrat.

Skema kerja



Gambar. 3.1 Fotokatalis TiO₂ dalam mendegradasi logam Fe dan Hg dalam Air Limbah Industri Pertambangan Batubara



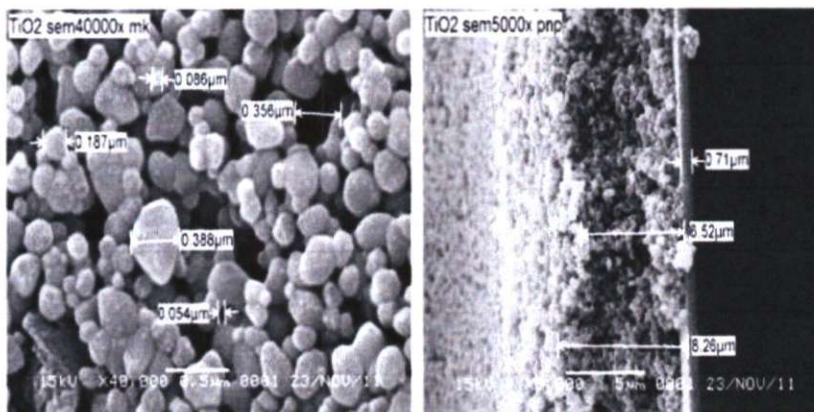
Gambar. 3.2 Pengaruh penambahan H₂O₂ 30% terhadap degradasi air limbah batubara

ditambahkan masing-masing 0; 0,25; 0,5; 0,75; dan 1,0 mL H₂O₂ 30 %

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Fotokatalisis TiO_2

Reaktor fotokatalisis memiliki 3 syarat utama yaitu sumber cahaya, senyawa target dan katalis (Edi, 2011). Cahaya tersebut terbagi atas tiga yaitu UV-A (320-400 nm), UV-B (270-320 nm), UV-C (150-300 nm). Dengan adanya pengaruh dari panjang gelombang terhadap besarnya energi yang dihasilkan, cahaya UV mempunyai kemampuan untuk menghilangkan polutan didalam air (Kopecky, 1992). Pada penelitian ini, proses fotokatalisis dilakukan dalam reaktor tertutup yang terdiri atas 3 lampu UV (masing-masing 10 watt). Jarak antara lampu UV dan air limbah adalah 8 cm.. Kecepatan pengadukan sebesar 60 rpm. Selain itu, dinding reaktor dilapisi dengan aluminium foil sebagai reflektor yang membuat cahaya memantul kearah air limbah. Beaker glass 100 ml dijadikan sebagai wadah untuk air limbah yang diaduk dengan heat stirrer. Kemudian, katalis TiO_2 dapat bekerja dalam proses fotokatalis pada suhu kamar dengan bantuan sinar UV sambil diaduk. Pada Gambar 4.1 menunjukkan gambar SEM sampel TiO_2 dengan ukuran partikel dan pori umumnya lebih kecil dari $10\mu\text{m}$ dan luas permukaan $80\text{-}200\text{m}^2/\text{g}$. Sampel juga mengandung sejumlah jaringan partikel yang membentuk struktur nanopori material TiO_2 (UNS, 2012).



Gambar 4.1 Uji SEM TiO_2 (UNS, 2012)

4.2 Fotokatalis TiO₂ dalam menghilangkan kadar logam Fe dan Hg

Limbah cair batubara mengandung logam berat dikarenakan air yang bersifat asam mudah melarutkan logam yang bersifat racun seperti Besi (Fe) dan Raksa (Hg). Limbah cair industri batubara pada penelitian ini diambil dari PT. Bukit Asam yang berlokasi di Tanjung Enim.

Tabel 4.1. Fotokatalis TiO₂ dalam menghilangkan kadar logam Fe dan Hg

Sampel Awal			TiO ₂ 0,02gr	Sampel Akhir		
pH	Fe (mg/L)	Hg (mg/L)		pH	Fe (mg/L)	Hg (mg/L)
5	2,2	0,0003		5	2	0,00027

Fotokatalis menggunakan TiO₂ dengan penyinaran UV dan pengadukan selama 1 jam dengan kecepatan 60 rpm menunjukkan penurunan kadar Fe dan Hg dalam 20ml air limbah batubara. Tabel 4.1 menunjukkan bahwa radiasi UV dapat menurunkan kadar logam Fe dan Hg sebesar 10% dengan katalis TiO₂ selama 1 jam pengadukan dengan kecepatan 60 rpm. Hal ini berkaitan dengan luas permukaan dari TiO₂, semakin asam atau basa maka ukuran partikel akan semakin kecil, yang berarti luas permukaannya semakin besar dan menyebabkan terjadinya absorpsi dalam air limbah, hal ini ditunjukkan oleh penelitian (Andayani dan Bagyo, 2011).

4.3 Pengaruh TiO₂ dengan penambahan H₂O₂ (30%) dalam mendegradasi air limbah batubara

Pengaruh fotokatalis TiO₂ dengan penambahan H₂O₂ terhadap penurunan logam Fe dan Hg dalam 25 ml air limbah batubara dapat dilihat pada Tabel 4.2. Fotokatalis dilakukan dengan reaktor UV dengan pengadukan selama 1 jam pada kecepatan 60 rpm. H₂O₂ ini dimaksudkan untuk menghasilkan radikal hidroksil sehingga proses penyisihan polutan dalam limbah lebih efisien.

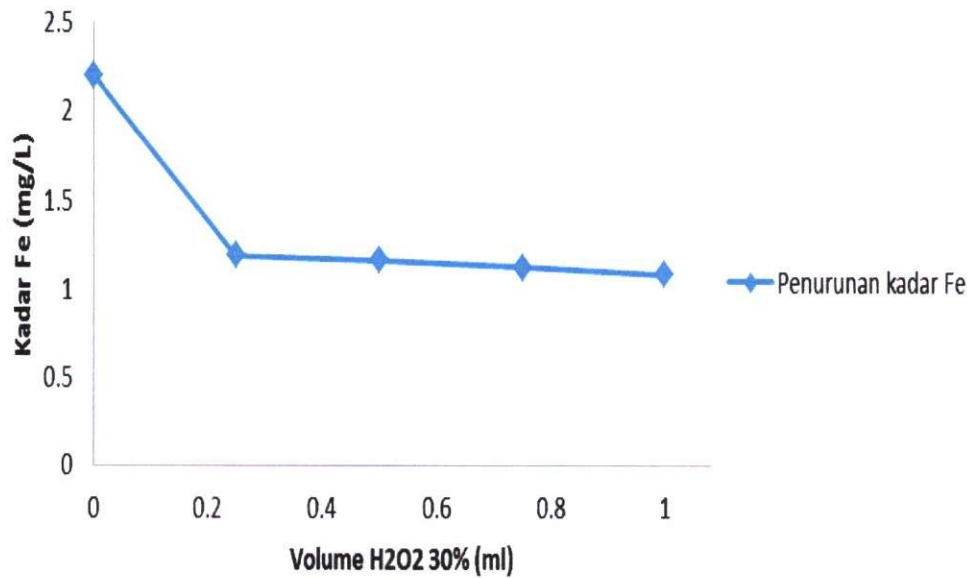
Pemilihan radikal OH yang berperan sebagai oksidator kuat, adalah karena spesies aktif ini memiliki potensial oksidasi relatif paling tinggi, yaitu sekitar 2.8

V. Potensial oksidasi radikal OH lebih besar dari ozon (2.07 V). Potensial oksidasi yang besar ini dapat membuat radikal OH sangat mudah mengoksidasi senyawa-senyawa reduktor lain yang ada di sekitarnya hal ini ditunjukkan oleh penelitian (Ruppert and Bauer, 1994, Andreozzi *et al.*, 2000).

Tabel 4.2. Pengaruh TiO_2 0,08gr dengan penambahan H_2O_2 (30%) dalam mendegradasi air limbah batubara

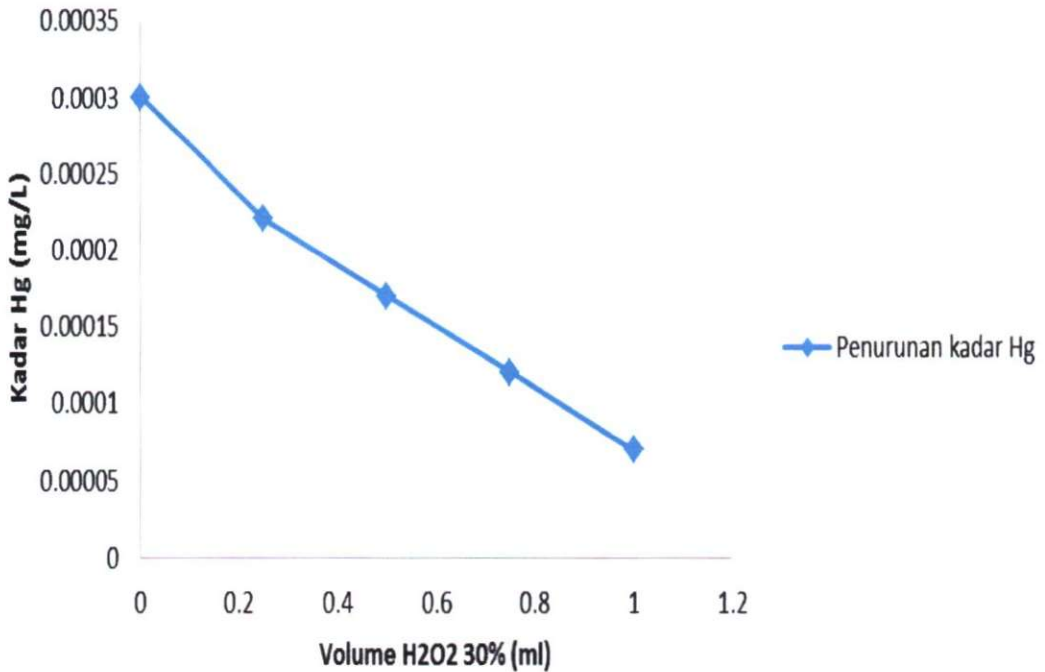
Sampel Awal (25ml)			H_2O_2 (30%) ml	Sampel Akhir		
Ph	Fe	Hg		pH	Fe	Hg
5	2,2	0,0003	0,25	5	1,19	0,00022
			0,5	6	1,16	0,00017
			0,75	7	1,12	0,00012
			1	7	1,08	0,00007

Penambahan H_2O_2 (30%) terhadap TiO_2 akan meningkatkan aktivitas fotokatalis yang cukup signifikan dibandingkan dengan TiO_2 saja. Pada Tabel 4.2 pH optimum yang dihasilkan yaitu pH 7 pada konsentrasi H_2O_2 0,75 dan 1,0. Ini dikarenakan oksidator H_2O_2 akan terpecah menjadi H_2 dan O_2 dan mudah sekali terdekomposisi menjadi oksigen dan air. H_2O_2 sebagai oksidator dengan katalis TiO_2 dan radiasi sinar UV menunjukkan penurunan kadar Fe dengan konsentrasi H_2O_2 0,25ml sebesar 45%, 0,5ml sebesar 47%, 0,75 sebesar 49% dan 1ml sebesar 50%. Penurunan kadar Hg dengan konsentrasi H_2O_2 0,25ml sebesar 26%, 0,5ml sebesar 43%, 0,75ml sebesar 60%, dan 1ml sebesar 76%. Ini dikarenakan gabungan atau kombinasi dari beberapa proses seperti, hydrogen peroksida (H_2O_2), radiasi sinar UV, dan titaniumoksida (TiO_2 -*photocatalyst*) yang difokuskan untuk dapat menghasilkan radikal hidroksil (dapat ditulis sebagai $^{\circ}\text{OH}$ atau OH^{\bullet}) sebagai sumber oksidator kuat sekaligus akselerator proses penyisihan kontaminan (polutan) dalam limbah, baik dalam bentuk fasa cair maupun fasa gas, hal ini ditunjukkan oleh penelitian (Slamet, Syakur R dan Danumulyo W. 2003).



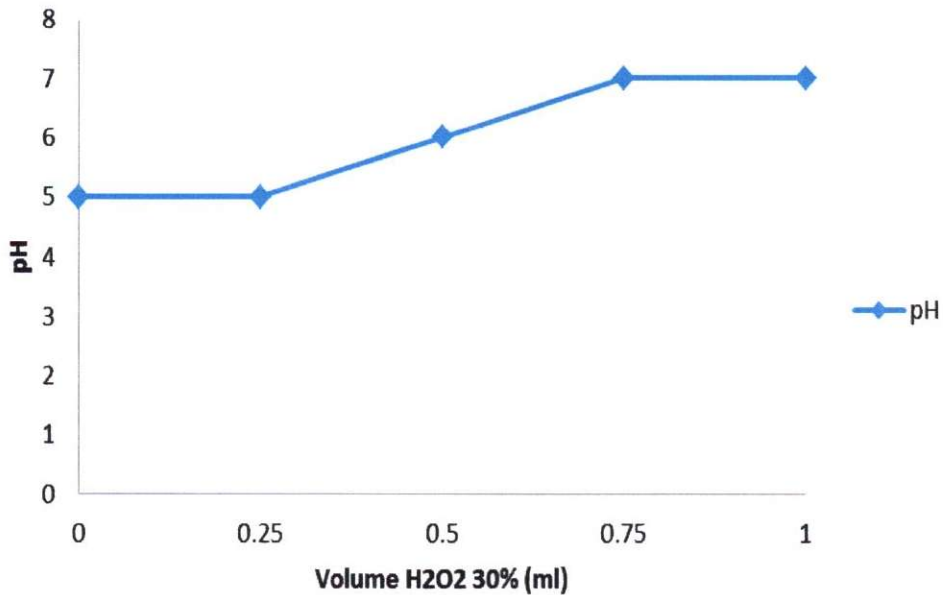
Gambar 4.1 Grafik Penurunan Kadar Fe dalam air limbah batubara

Gambar 4.1 menunjukkan penurunan kadar Fe dalam air limbah, dimana H₂O₂ sebagai oksidator dengan katalis TiO₂ dan radiasi sinar UV menunjukkan penurunan kadar Fe. Penurunan kadar Fe yang signifikan terjadi pada konsentrasi H₂O₂ 1 mL, ini dikarenakan gabungan atau kombinasi dari beberapa proses seperti, hydrogen peroksida (H₂O₂), radiasi sinar UV, dan titaniumoksida (TiO₂-*photocatalyst*) yang difokuskan untuk dapat menghasilkan radikal hidroksil (dapat ditulis sebagai °OH atau OH*) sebagai sumber oksidator kuat sekaligus akselerator proses penyisihan kontaminan (polutan) dalam limbah, baik dalam bentuk fasa cair maupun fasa gas, hal ini ditunjukkan dalam penelitian (Slamet, Syakur R dan Danumulyo W. 2003).



Gambar 4.2 Grafik Penurunan Kadar Hg dalam air limbah batubara

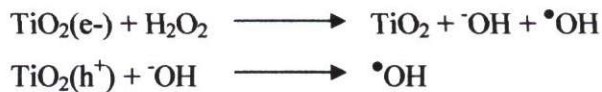
Gambar 4.2, menunjukkan penurunan kadar Hg yang signifikan, karena H_2O_2 sebagai oksidator dengan katalis TiO_2 dan radiasi sinar UV sehingga dapat terjadi penurunan kadar Hg. Ini dikarenakan gabungan atau kombinasi dari beberapa proses seperti , hydrogen peroksida (H_2O_2), radiasi sinar UV, dan titaniumoksida (TiO_2 -*photocatalyst*) yang difokuskan untuk dapat menghasilkan radikal hidroksil (dapat ditulis sebagai $^{\circ}\text{OH}$ atau OH^{\bullet}) sebagai sumber oksidator kuat sekaligus akselerator proses penyisihan kontaminan (polutan) dalam limbah, baik dalam bentuk fasa cair maupun fasa gas, hal ini ditunjukkan oleh penelitian (Slamet, Syakur R dan Danumulyo W. 2003).



Gambar 4.4 Grafik Kenaikan pH dalam limbah cair batubara

Gambar 4.4 menunjukkan kenaikan pH, semakin besar konsentrasi H₂O₂ akan semakin menaikkan pH. pH optimum yang dihasilkan yaitu pH 7 pada konsentrasi H₂O₂ 0,75 dan 1,0. Ini dikarenakan oksidator H₂O₂ akan terpecah menjadi H₂ dan O₂ dan mudah sekali terdekomposisi menjadi oksigen dan air (Strukul, 1992).

Ion logam bermuatan positif (+) sedangkan permukaan partikel TiO₂ juga bermuatan positif (+). Pada percobaan ini yang berperan pada peningkatan aktifitas fotokatalis adalah jumlah radikal hidroksil yang dihasilkan dari sistem. Semakin banyak radikal hidroksil maka fotodegradasi air limbah akan semakin meningkat pula. Persamaan reaksi sebagai berikut (Hoffman, 1995) :



BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa proses fotokatalis TiO_2 dengan penambahan H_2O_2 selama 1 jam dengan kecepatan pengadukan 60 rpm mampu menurunkan logam Fe dan Hg. Penurunan terbaik terjadi pada proses fotokatalis TiO_2 dengan penambahan H_2O_2 dengan konsentrasi 1mL.

5.2. Saran

Penelitian lebih lanjut disarankan melakukan uji pendahuluan terlebih dahulu dan pengadukan dengan menggunakan jarrest agar pencampuran lebih sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

- Andayani, W. Bagyo M.N.A., 2011, TiO₂ Beads for Photocatalytic Degradation of Humic Acid In Peat Water, *Indo. J. Chem.*, 11(3), 253-257.
- Andreozzi, R., Caprio, V., Insola, A., Marotta, R. and Sanchirico, R. (2000), Advanced Oxidation Processes For the Treatment of Mineral Oil-Contaminated Wastewaters, *Water Res.*, 34, 620 - 628.
- Bradham W.S. and Carrucio F.T. 1990. A comparative study of tailing using acid base accounting, cells, columns and soxhlet. Di dalam : Mining and reclamation conference and exhibition; Charleston, April 23-26, 1990
- Bussiere, B. 2009. Acid mine drainage from abandoned mine sites : problematic and reclamation approaches. Di dalam : International Symposium Geoenvironmental (ISGE); Hangzhou, September 8-10, 2009
- Carp, O., C.L. Huisman, & A. Reller. 2004. Photoinduced reactivity of titanium dioxide. *Prog in Solid State Chem.* 32(1): 33-177.
- Chen, R. and Pignatello, J. 1997. *Role of Quinone Intermediates as Electron Shuttles in Fenton and Photoassisted Fenton Oxidations of Aromatic Compounds*, *Environ. Sci.* p 2399-2406.
- Casero, I., Sicilia, D., Subio, S. and Perez-Bendito, D. 1997. *Chemical Degradation of Aromatic Amines by Fenton's Reagent*, p 1985 - 1995.
- Cherepy, N.J., G.P. Smestad, M. Gratzel, & J.Z. Zhang. 1997. Ultrafast Electron Injection: Implication For a Photoelectrochemical Cell Utilizing an Antocyanin Dye-Sensitized TiO₂ Nanocrystalline Electrode. *J. Phys. Chem B.* 101(1): 9342-9351.
- Di Paola, A., M. Bellardita, & L. Palmisano. 2013. Brookite, the Last Known TiO₂ Photocatalyst. *Catalysts.* 3(1): 36-73.
- Elberling, C., & Don, M. 2010. A direct approach for the design of chirp stimuli used for therecording of auditory brainstem responses. *J Acoust Soc Am*, 128(5), 2955 -2964
- Emsley, J. 2001. Titanium. *Nature's Building Blocks: An A-Z Guide to the Element.* Oxford, England, UK: Oxford University
- Fogler, H., Scott. (1999), *Elements of Chemical Reaction Engineering*, 3rd edition, Prentice Hall International Series in the Physical and Chemical

Engineering Series.

- Gusek, J. J., and T.R. Wildeman, 2002. "Passive Treatment of Aluminum-Bearing Acid Rock Drainage," Proceedings of the 23rd Annual West Virginia Surface Mine Drainage Task Force Symposium, Morgantown, West Virginia, April 16-17.
- Hoffmann, M.R., S.T. Martin, W. Choi, dan D.W. Bahnemann. 1995. Environmental Applications of Semiconductor Photocatalysis. *Chemical Reviews*. 95
- Huston, P. and Pignatello, J, 1999, *Degradation of Selected Pesticide Active Ingredients and Commercial Formulations in Water by the Photo-Assisted Fenton Reactio*, Water Res., p 1238 - 1246.
- Kwon, B., Lee, D., Kang, N. and Yoon, J. 1999. *Characteristics of P-Chlorophenol Oxidation by Fenton's Reagent*, Water Res., p 2110 - 2118.
- Jerz, J. K. & Rimstidt, J. D. 2004. *Geochim. Cosmochim. Acta* 68, 701-71
- Johnson DB, Hallberg KB. 2005. Pitfalls of passive mine water treatment. *Re/Views Environ Sci Bio/Technol* 2005;1:335-43.
- Kiwi, J., Pulgarin, C. and Peringer, P. (1994), Effect of Fenton and photo-Fenton reactions on the degradation and biodegradability of 2 and 4-nitrophenols in water treatment, *Applied Catalysis B: Environmental*, 3, 335-350.
- Lapakko, K. 1992. Characterization and static testing of ten gold mine tailings. Di dalam : Surface mining and reclamation mining; Minnesota, June 14-18, 1992.
- Li, Y-S, Liu, C-C and Fang, Y-Y. 1999. *Decolorization of Dye Wastewater by Hydrogen Peroxide in the Presence of Basic Oxygen Furnace Slag*, J. Environ. Sci. Health, p 1205-1221.
- Liang Li and Yan Liu, 2009 Ammonia Removal in Electrochemical Oxidation: Mechanism and Pseudo-kinetics, *Journal of Hazardous Materials*, 2009, p 1010-1016
- Linsebigler A L, Lu G, & J.T. Yates. 1995. Photocatalysis on TiO₂ surfaces: Principles, mechanisms, and selected results. *Chem Rev.* vol 95, no 3: 735-758.

- Lin, J-G. and Ma, Y-S. 2000. *Oxidation of 2-Chlorophenol in Water by Ultrasound/Fenton Method*, J. of Env. Eng., p 130 - 137.
- Malato, S., J. Blanco, A. Campos, J. Caceres, C. Guillard, J. M. Herrmann, and A. R. Fernandez-Alba, 2003, *Applied Catalysis B: Environmental*, 42. 349 – 357.
- [MEND] Mine Environment Neutral Drainage, Program. 2008. Guidelinedocument for monitoring acid mine drainage. MEND Project 4.5.4, Canada.
- Munanto, G. 2006. *Pengolahan Limbah cair Painting Industri, Furniture dengan Metode Oksidasi Fenton*. Jurusan Teknik Lingkungan ITS, Surabaya.
- Newcombe, D.A.L, Bochner, F., White, J.M., & Somogyi, A.A. 2009. Evaluation of Levo-alpha-acetylmethadol (LAAM) as an alternative treatment for methadone maintenance patients who regularly experience withdrawal: a pharmacodynamic and pharmacokinetic analysis, *Drug and Alcohol Dependence*, 76(1), 63-72
- Nugeraha, Sri Sumiyati, Ganjar Samudro. 2010. *Pengolahan air limbah kegiatan penambangan batubara menggunakan biokoagulan*. Jurnal PRESIPITASI Vol. 7 No.2 September 2010, ISSN 1907-187X. p57-61.
- Ramdhani, H.S. 2012. *Pembuatan Sel Surya TiO₂ Tersensitisasi Dye Padat dengan Elektrolit Polimer*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.
- Sclafani A, L. Palmisano, & M. Schiavello. 1990. Influence of the preparation methods of titanium dioxide on the photocatalytic degradation of phenol in aqueous dispersion. *J Phys Chem*. 94(4): 445-456.
- Sedlak, D. and Andrin, A. 1991, *Aqueous-Phase Oxidation of Polychlorinated Biphenyls by Hydroxyl Radicals*, *Environ. Sci. Technol.*, p 1419.
- Slamet, Syakur R dan Danumulyo W. 2003. *Pengolahan Limbah Logam Berat Chromium (VI) Dengan Fotokatalis TiO₂*. *Makara, Teknologi*, 7 (1): 27-32.
- Strukul G. 1992. *Catalytic Oxidations with Hydrogen Peroxide as Oxidant*. The Netherlands: Kluwer
- Thomas, R.J., El-Dessougi, H., Tubeileh, A. 2006. *Soil system management under arid and semi-arid conditions*. In ‘ *Biological approaches to sustainable soil systems*’.

- UNS, 2012. Sintesa Titanium Dioksida (TiO₂) untuk *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC)
- Wang, T-H., Kang, S-F and Lin Y-H. 1999. *Comparison Among Fenton-Related Processes to Remove 2,4-Dinitrophenol*, J. of Env. Sci. & Health., A34, 12671281.
- Wildman DL, Peterson RA, Anderson MA, Hill CG.1994. Investigation of titanium membranes for nanofiltration. In: Proceedings of the ICIM94. Worcester Polytechnic Institute, Worcester, p 111.
- Zhang, Q., L. Gao, & J. Guo. 2000. Effects of calcination on the photocatalytic properties of nanosized TiO₂ powders prepared by TiCl₄ hydrolysis. *Appl Catal B Environ.* 26(3): 207-215.

LAMPIRAN I

1. Pengenceran Bahan Baku

Dari H₂O₂ 50% menjadi H₂O₂ 30%

Dimana : BM H₂O₂ = 34,0147 gr/mol

Densitas (ρ) = 1,11 gr/cm³ (20 °C, 30%)

= 1,450 gr/cm³ (20 °C, pure)

Viskositas = 1,245 cp

Mencari Normalitas untuk H₂O₂ 50% (N₁)

$$N = \frac{\% \times \rho \times 1000}{\text{BM}}$$

$$N = \frac{0,5 \times 1,450 \frac{\text{gr}}{\text{ml}} \times 1000 \text{ ml}}{34,0147 \text{ gr/mol}}$$

$$N = 21,3143 \text{ mol}$$

Mencari Normalitas untuk H₂O₂ 30% (N₂)

$$N = \frac{\% \times \rho \times 1000}{\text{BM}}$$

$$N = \frac{0,3 \times 1,11 \frac{\text{gr}}{\text{ml}} \times 1000 \text{ ml}}{34,0147 \text{ gr/mol}}$$

$$N = 9,7898 \text{ mol}$$

Rumus pengenceran

$$V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$$

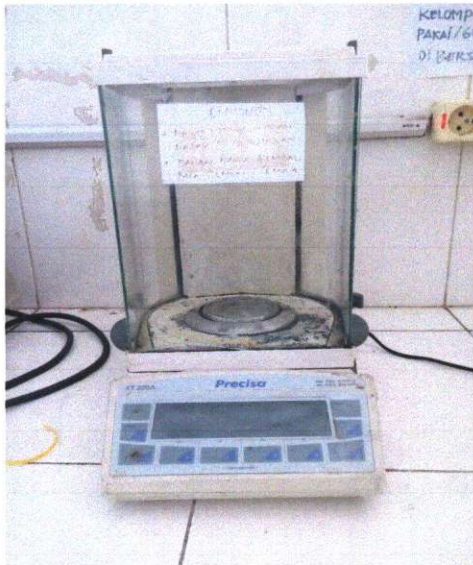
$$10 \text{ ml} \times 21,3143 \text{ mol} = V_2 \times 9,7898 \text{ mol}$$

$$V_2 = \frac{10 \text{ ml} \times 21,3143 \text{ mol}}{9,7898 \text{ mol}}$$

$$V_2 = 21,7710 \text{ ml}$$

LAMPIRAN II

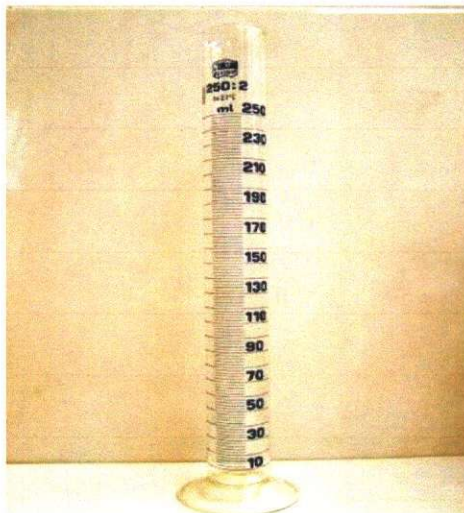
1.1. Gambar Alat yang Digunakan



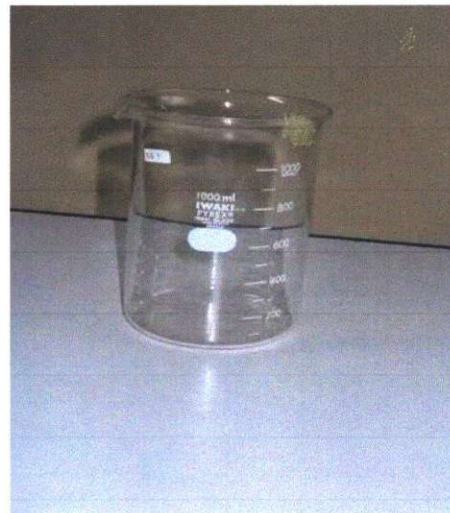
Neraca Analitik



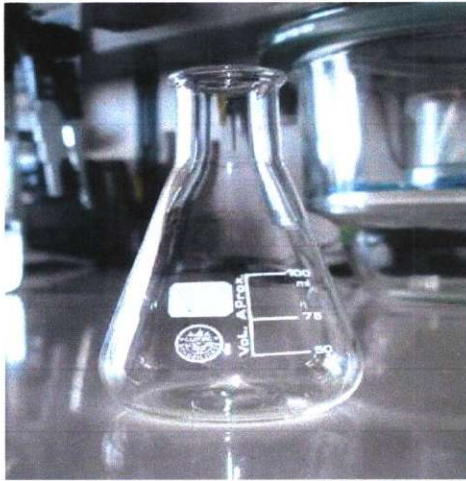
Mortil



Gelas Ukur



Baker Glass



Erlenmeyer



Hot Plate

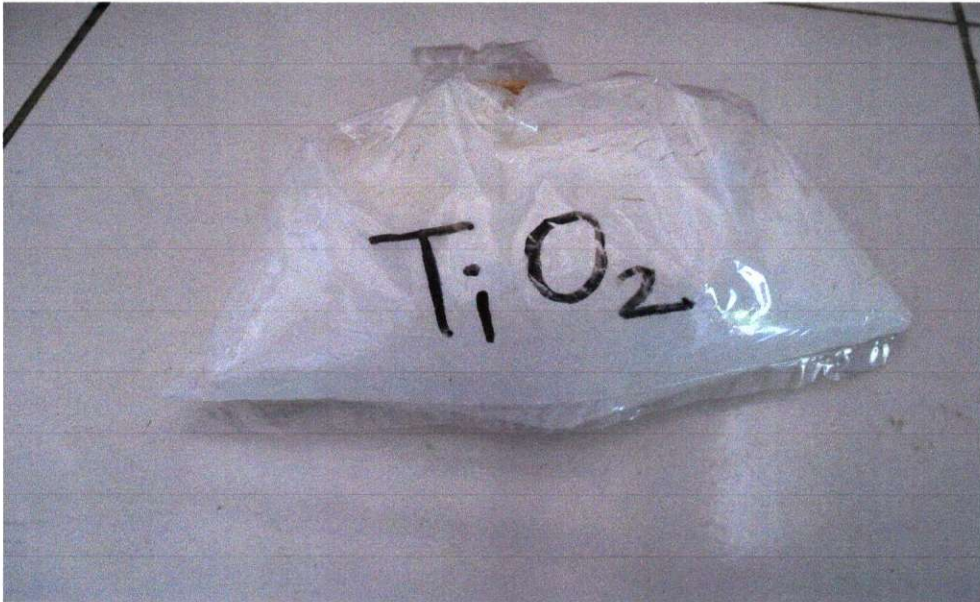


Stirrer

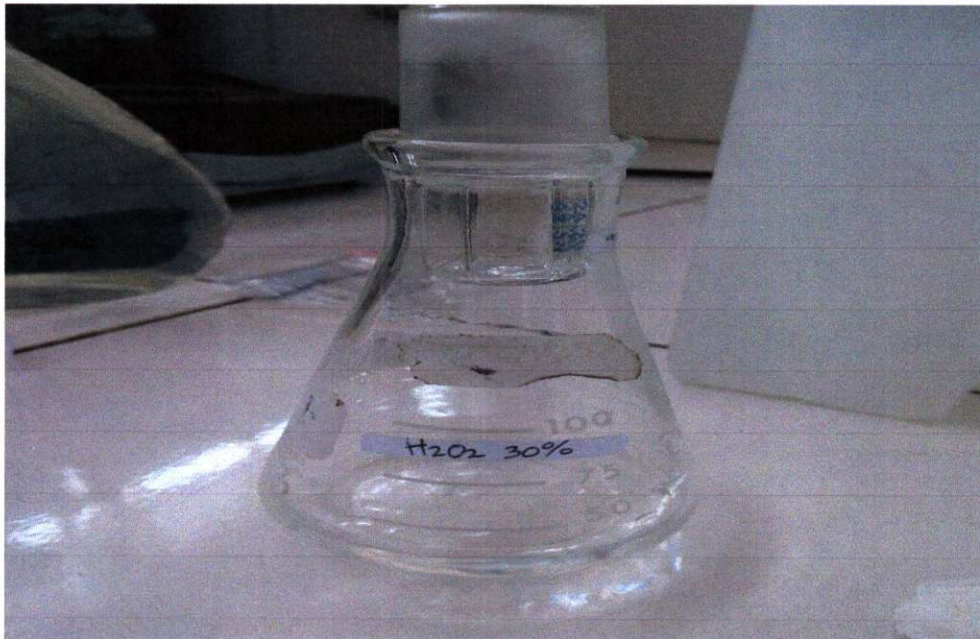


Spatula

1.2. Gambar Bahan yang Digunakan



Serbuk TiO_2



Larutan H_2O_2 30%

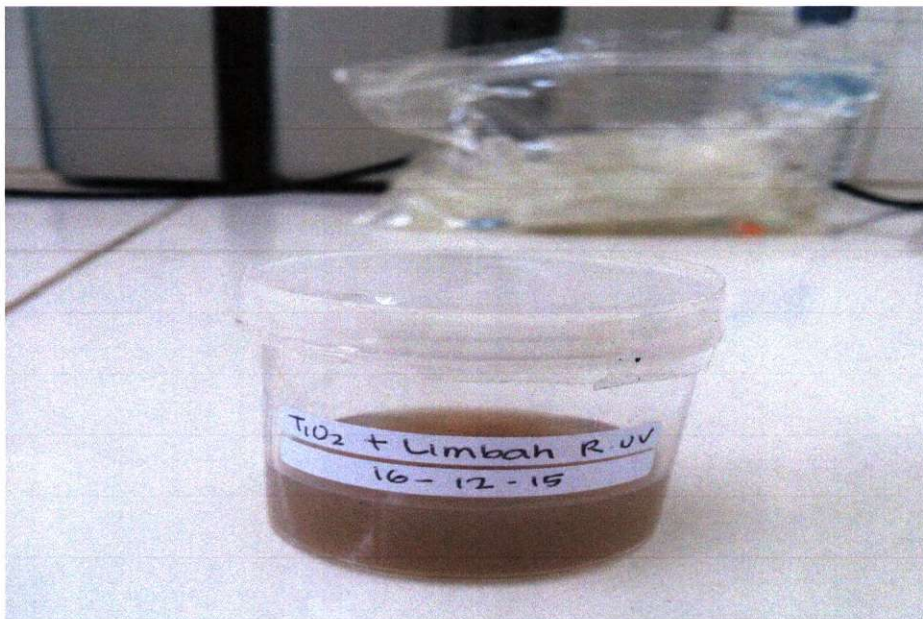


Larutan limbah Batubara

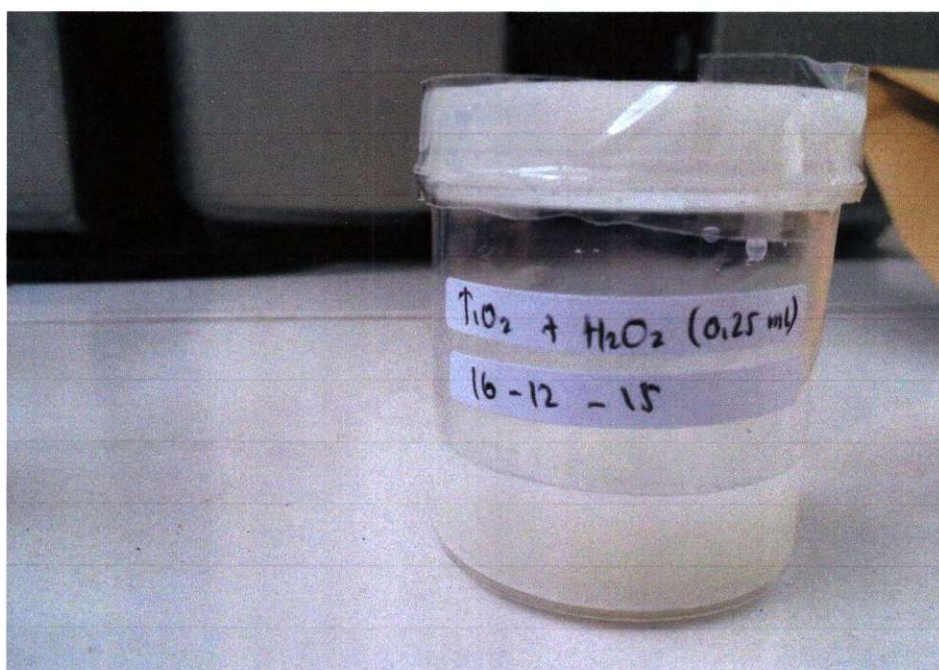
1.3. Gambar Proses Penelitian dan Hasil Penelitian



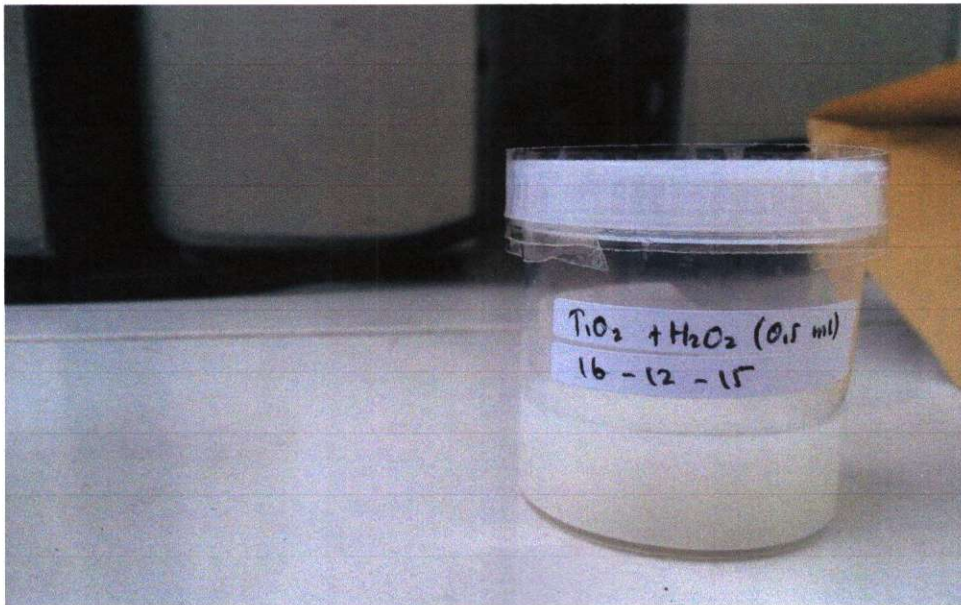
Proses Fotokatalis TiO_2 dengan Reaktor UV



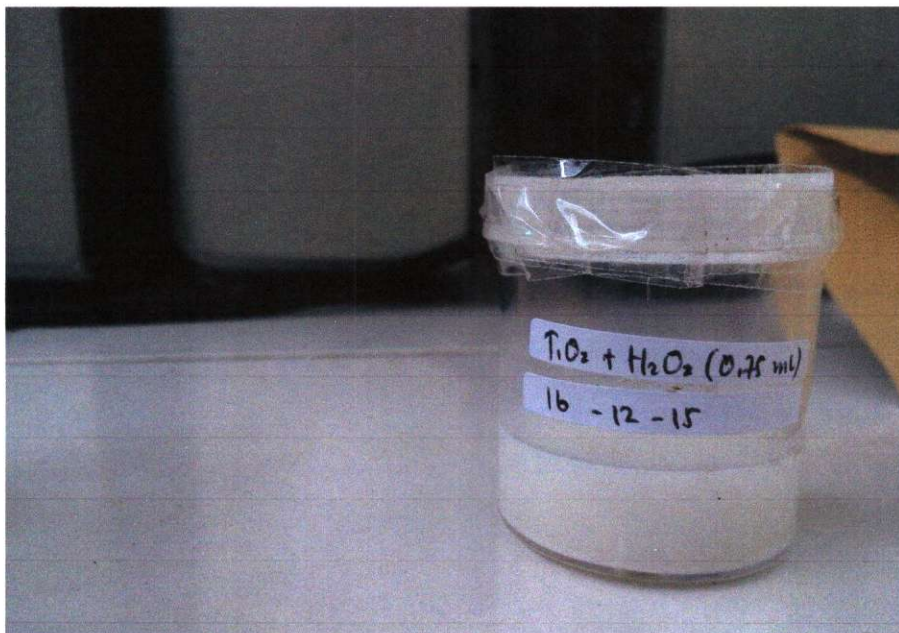
Hasil Fotokatalis TiO₂ + Limbah Batubara



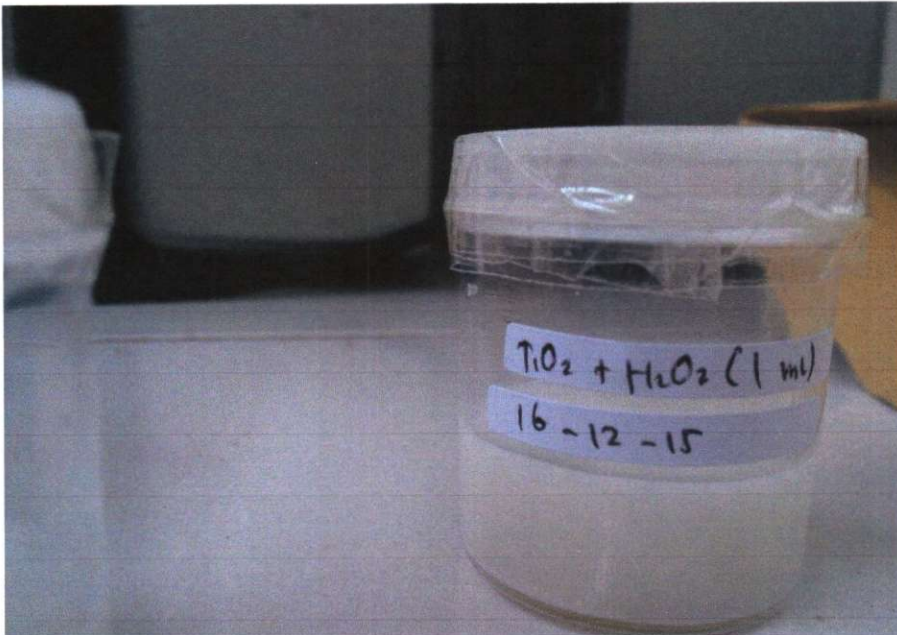
Hasil Fotokatalis TiO₂ + H₂O₂ (0,25 ml)



Hasil Fotokatalis $\text{TiO}_2 + \text{H}_2\text{O}_2$ (0,5 ml)



Hasil Fotokatalis $\text{TiO}_2 + \text{H}_2\text{O}_2$ (0,75 ml)



Hasil Fotokatalis TiO₂ + H₂O₂ (1 ml)



USUL JUDUL DAN PEMBIMBING PENELITIAN
Nomor : 122011028 /G.17/KPTS/FT-K/VII/2015

Nama : Heura Satria Wibowo

NIM : 12 2011 028

Jurusan : Teknik Kimia

Program Studi : Teknik Kimia

Judul Penelitian :

1. Sintesis fotokatalis TiO_2 dengan penambahan H_2O_2 Untuk mendegradasi air limbah industri barbara
2. Pembuatan bio briket dari Ampas tahu
3. Analisa kualitas briket arang dgn campuran serbuk gergaji

Diusulkan Judul : ... (setu)

Pembimbing 1 : Dr. Ir. Marhaini, MT

Pembimbing 2 : Ir. Agussidi Najib, M.si

Batas Waktu Penyelesaian Penelitian :

Palembang, OKTOBER 2015

Ketua Program Studi,

Dr. Eko Ariyanto, M.Chem.Eng

Dibuat rangkap tiga :

1. Ketua Program Studi

2. Pembimbing 1

3. Pembimbing 2

Melby
23/15
/10



USUL JUDUL DAN PEMBIMBING PENELITIAN
Nomor : 122011028 /G.17/KPTS/FT-K/VII/2015

Nama : Henra Satria Wibowo

NIM : 12 2011 028

Jurusan : Teknik Kimia

Program Studi : Teknik Kimia

Judul Penelitian :

1. Sintesis fotokatalis TiO_2 dengan penambahan H_2O_2 untuk mendegradasi air limbah industri ^{partikelan} batubara
2. Pembuatan biobriket dari ampas tebu
3. Analisis kualitatif bioket arang dan campuran serbuk gergaji

Diusulkan Judul : 1. (satu)

Pembimbing 1 : Dr. Ir. Marhaini, MT

Pembimbing 2 : Ir. Agussidi Najib, M.si

Batas Waktu Penyelesaian Penelitian :

Palembang, ^{OKTOBER}..... 2015

Pembimbing I,

Dr. Ir. Marhaini, MT

Dibuat rangkap tiga :

1. Ketua Program Studi

2. Pembimbing 1

3. Pembimbing 2

mulai
03/15
/10



USUL JUDUL DAN PEMBIMBING PENELITIAN
Nomor : 122011028 /G.17/KPTS/FT-K/VII/2015

Nama : Henra Satria Wibowo

NIM : 12 2011 028

Jurusan : Teknik Kimia

Program Studi : Teknik Kimia

Judul Penelitian :

- medul
017
23/15
/10
1. Sintesis katalitik TiO_2 dengan penambahan H_2O_2 untuk mendegradasi air limbah industri batubara
 2. Pembuatan briquet dari ampas tebu
 3. Analisa kualitas briquet arang dengan campuran serbuk gergaji

Diusulkan Judul : ... (..Satu)

Pembimbing 1 : Dr. Ir. Marhaini, MT

Pembimbing 2 : Ir. Agussidi Najib, M.si

Batas Waktu Penyelesaian Penelitian :

Palembang,^{OKTOBER} 2015

Pembimbing II,


Ir. Agussidi Najib, M.si

Dibuat rangkap tiga :

1. Ketua Program Studi
2. Pembimbing 1
3. Pembimbing 2

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK KIMIA



Nama : Henna Satria Wibowo
 NIM : 12-2011-028
 Judul : Sintesis fotokatalis TiO₂ dengan penambahan
K₂O₂ untuk mendegradasi air limbah industri
pertambangan bau-bau

Dosen Pembimbing : 1. Ir. Ir. Murchaini, MT
 2. Ir. Agus Sidi Pasib, M.Si

No	Pokok Bahasan	Catatan/Komentar	Tanggal Bimbingan	Paraf	
				Pembimbing I	Pembimbing II
1	perbaikan judul proposal	perbaiki metode formalisiran	26/8-2015		
2	perbaikan proposal	-	2/9-2015		
3	ujian proposal	Aree	8/9-2015		
4	Uji-Prognose	Aree			9/10/15
5	Perbaiki proposal		23/9-2015		
6	Konsultasi Bab IV		29/12-2015		
7	Perbaiki Hasil Penelitian (bab IV)		28/12-2015		
8	Perbaiki kemapu dan form		30/12-15		
9	perbaikan ujian kemapu dan form		21/12-15		
10	Aree Seminar H&S		1/1-16		