

# PENGOLAHAN LIMBAH CAIR DENGAN LIMBAH PADAT ABU HASIL PEMBAKARAN INSINERATOR DI INDUSTRI KLOOR ALKALI

Sumingkrat dan Yusuf, A  
Program Studi Teknologi Kimia Industri, STMI Jakarta  
sumingkrat@yahoo.com

## ABSTRAK

Industri klor alkali menghasilkan limbah padat (*cake*) hasil kegiatan IPAL, limbah tar, buangan katalis dan limbah cair berwarna putih. Limbah tersebut termasuk limbah B3 dari sumber yang spesifik. Maka pengelolaannya harus sesuai dengan PP No 18 Tahun 1999 jo PP No 85 Tahun 1999. Metode pengolahan limbah padat (*cake*) yang lebih efisien dan efektif adalah sistem insinerasi, yaitu pembakaran yang menghasilkan abu. Limbah cair berwarna putih dari proses polimerisasi PVC setelah pengendapan disebut *spent pure water (SPW)*. Abu sisa pembakaran, disebut *solid waste incenerator (SWI)* ini dimanfaatkan sebagai adsorben untuk pengolahan SPW. Sesuai dengan model *Freundlich isotherm*, SWI mempunyai daya adsorpsi lebih baik dari karbon aktif terhadap metilen biru, mampu menurunkan *turbiditas SPW* sampai sekitar 95%.

Kata kunci : polimerisasi, VCM, *Freundlich isotherm*, *turbiditas*, SPW, SWI.

### 1. PENDAHULUAN

Limbah industri kloro alkali termasuk dalam daftar limbah B3 dari sumber yang spesifik. Maka pengelolaannya harus sesuai dengan PP No 85 Tahun 1999. Limbah ini berasal dari bahan baku yang digunakan, kegiatan selama proses produksi berlangsung, dan lumpur limbah padat dari IPAL.

Perkembangan metode pengelolaan dan pemusnahan limbah industri telah dan akan menuju ke suatu metode pengolahan limbah yang lebih efisien dan efektif. Pengolahan semakin mengarah ke metoda pemusnahan limbah yaitu sistem insinerasi. Metode pengelolaan dan pemusnahan limbah industri sistem lama yaitu sistem *sanitary landfill* tidak efisien dan efektif karena membutuhkan lahan yang sangat luas, dan sulit dicari dewasa ini. Indonesia akan mengikuti tren kota-kota besar di dunia, setiap lingkungan terkecil memiliki insinerator untuk memusnahkan limbah.

Seiring dengan peningkatan penggunaan insinerator, otomatis akan meningkatkan abu hasil proses insinerasi yang disebut

limbah padat abu insinerator. Industri kimia kloralkali terpadu memproduksi kaustik soda (NaOH), VCM (*vinyl chloride monomer*) dan PVC (*poly vinyl chloride*). Kaustik soda dihasilkan melalui proses elektrolisa larutan garam (NaCl), VCM dihasilkan melalui reaksi klorinasi etilen dan dilanjutkan dengan *cracking* dan PVC dihasilkan melalui proses polimerisasi VCM.

Ketiga proses tersebut menghasilkan limbah yang harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Limbah padat (*cake*) hasil kegiatan IPAL, limbah tar, buangan katalis dan limbah cair berwarna putih. Oleh karena itu pemanfaatan limbah menjadi suatu alternatif penting dalam mengelola lingkungan hidup.

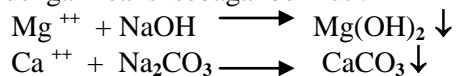
Limbah padat yang dihasilkan dibakar di dalam SWI (*Solid Waste Insinerator*), dari hasil pembakaran diperoleh abu yang mengandung karbon. Data hasil penelitian abu karbon tersebut mempunyai sifat-sifat menyerupai karbon aktif yang mampu mengadsorpsi larutan iodium dan metilen biru.

Abu insinerator yang dihasilkan bila tidak dimanfaatkan, dapat menurunkan kualitas lingkungan. Semakin banyak volume abu insinerator maka harus dicari solusi yang menguntungkan. Di lain pihak pelindian dari limbah padat (abu insinerator) tersebut dapat mencemari air tanah dalam, yang dapat menimbulkan efek negatif bagi penggunaan

Dengan latar belakang tersebut maka perlu diteliti kemungkinan pemanfaatan abu *Solid Waste Incenerator SWI (Solid Waste Incenerator)* sebagai adsorben. Abu *SWI* tersebut akan digunakan untuk menurunkan

## 2. LANDASAN TEORI

Proses elektrolisa membutuhkan larutan garam yang bebas dari ion kalsium dan ion magnesium, karena ia dapat menurunkan umur membran pada alat elektrolisa (*electrolyzer*). Maka perlu dilakukan proses pemurnian dengan menambahkan kaustik soda (NaOH) dan soda abu (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), dan akan terbentuk limbah padat endapan Mg(OH)<sub>2</sub> dan CaCO<sub>3</sub> di alat *clarifier*, dengan reaksi sebagai berikut :



Endapan tersebut kemudian di pres untuk mengurangi kadar airnya. Endapan yang diperoleh disebut limbah padat (*cake*) hasil kegiatan IPAL.

Proses pembuatan *VCM* menghasilkan limbah berupa tar dan buangan katalis sedangkan dari proses polimerisasi pembuatan *PVC*, berupa limbah cair berwarna putih yang disebut *SPW (spent pure water)*. Limbah *SPW* selama ini diolah dengan cara flokulasi dengan penambahan larutan FeCl<sub>3</sub> dan diikuti oleh proses koagulasi. Series proses flokulasi dan koagulasi sebenarnya tidak menguntungkan, karena mengakibatkan peningkatan kadar ion klorida bebas. Kondisi ini akan meningkatkan beban pada proses daur ulang *SPW* menjadi air bebas mineral.

Sumber limbah tar, buangan katalis dan *cake* hasil IPAL tersebut termasuk dalam daftar

air permukaan. Solusi dicoba untuk memanfaatkan abu insinerator tersebut, guna mengurangi biaya pengolahan limbah cair berwarna putih dari proses polimerisasi. Dilain pihak solusi memanfaatkan abu insinerator tersebut juga untuk mengurangi volume limbah (minimisasi), dan mengurangi biaya pengolahan limbah.

turbiditas (kekeruhan) *SPW (Spent Pure Water)* yaitu limbah cair berwarna putih agar dapat digunakan sebagai air bebas mineral (*demineralized*) atau untuk keperluan lainnya seperti *cooling water*.

limbah B3. Dengan kode D 203 dari jenis industri/kegiatan proses kloro alkali, mempunyai pencemar utama yaitu logam berat terutama Hg dan hidrokarbon terhalogenasi. Maka limbah industri dengan komposisi tersebut direncanakan akan dibakar di dalam insinerator.

### 2.1 Adsorpsi

Adsorpsi adalah peristiwa fisik penyerapan suatu zat pada permukaan suatu bahan penyerap. Zat yang diserap disebut adsorbat (fase terserap) sedangkan zat penyerap disebut adsorben, yang dapat berupa zat padat atau zat cair. Molekul-molekul dalam suatu zat padat mendapat gaya-gaya yang sama dari semua arah, sedangkan molekul-molekul pada permukaan zat padat mendapat gaya-gaya yang tidak sama. Untuk mengimbangi gaya-gaya bagian dalam tersebut maka molekul-molekul lain biasanya gas atau cairan menjadi tertarik ke permukaan. Gaya yang terjadi ini relatif lemah dan disebut dengan gaya Van Der Walls (1). Ada dua macam adsorpsi yang dikenal, yaitu adsorpsi fisik dan adsorpsi kimia. Pada adsorpsi fisik, gaya yang menarik molekul-molekul fluida ke permukaan zat padat adalah gaya Van Der Walls yang relatif lemah. Panas yang dilepaskan selama proses adsorpsi 0,5-5 kkal/gmol. Kesetimbangan antara zat padat dengan molekul-molekul gas biasanya cepat tercapai dan bersifat *reversible* karena kebutuhan energinya kecil.

Adsorpsi dapat dijelaskan dari tegangan permukaan suatu zat padat, dimana energi aktivasi untuk adsorpsi fisik relatif lebih kecil, tidak lebih dari 1 kkal/gmol. Oleh karena itu gaya yang terlibat dalam adsorpsi fisik relatif lemah. Adsorpsi kimia melibatkan gaya-gaya yang lebih besar dari pada adsorpsi fisik. Menurut Langmuir, molekul-molekul yang teradsorpsi ditarik kepermukaan oleh gaya-gaya valensi seperti yang terjadi pada atom-atom dalam molekul. Adsorpsi ini membentuk molekul baru dan prosesnya bersifat *irreversible*. Adsorpsi umumnya berlangsung pada suhu tetap (konstan) sehingga disebut adsorpsi isothermal. Terdapat beberapa model adsorpsi isothermal antara lain model Langmuir, model Freundlich dan model Brunauer-Emmet-Teller (BET). Bentuk Langmuir mula-mula diterapkan untuk penyerapan gas pada permukaan padatan. Model Langmuir sesuai untuk adsorpsi lapisan tunggal (*monolayer*), dibuat berdasarkan beberapa asumsi : 1). adsorpsi maksimum terjadi saat terbentuk lapisan tunggal (*monolayer*) yang menyeluruh. 2). Besarnya energi adsorpsi adalah konstan 3). Adsorpsi terjadi tanpa disertai interaksi antar fase terserap (2).

Model Freundlich yang dikenal dengan persamaan Van Bemmelen mempunyai bentuk:

$$Q_c = k_f \cdot (C)^{1/n} \quad (1)$$

Dimana :

$Q_c$  = Banyaknya zat yang diserap =  $x/m$

$k_f$  = Konstanta Freundlich

$n$  = Konstanta

$C$  = Konsentrasi pada saat kesetimbangan

Persamaan tersebut dapat ditulis dalam bentuk logaritma :

$$\text{Log } q_c = \text{log } k_f + (1/n) \text{ log } C \quad (2)$$

Model Brunauer-Emmet-Teller (BET) berdasarkan beberapa asumsi yaitu :

1).Energi adsorpsi yang seragam pada permukaan. 2). Lapisan dari molekul terserap pada permukaan, sedangkan model Langmuir berlaku pada masing-masing lapisan.

## 2.2 Karbonisasi Dan Aktivasi

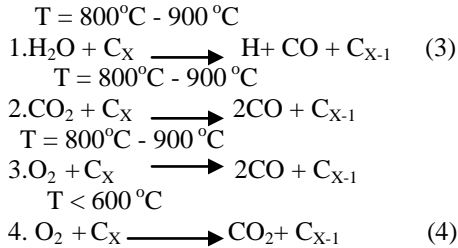
Secara umum proses pembuatan karbon aktif terdiri dari dua tahap, tahap karbonisasi dan tahap aktivasi. Tahap karbonisasi merupakan proses perubahan dari bahan-bahan baku menjadi karbon. Tahap aktivasi merupakan proses perubahan fisik untuk meningkatkan struktur pori dan luas permukaan partikel guna meningkatkan daya adsorpsinya.

Proses karbonisasi bervariasi untuk setiap zat, biasanya suhu 600°C cukup baik untuk aktivasi dengan menggunakan steam. Suhu 900°C baik untuk membuat karbon aktif dari gula dan suhu 850°C karbonisasi antrasit dengan menggunakan uap air pada tekanan atmosfer untuk menghasilkan struktur berpori yang siap diaktivasi.

Adanya komponen anorganik tertentu pada proses karbonisasi memungkinkan terbentuknya karbon aktif dengan penggunaan yang lebih luas. Sebenarnya arang yang telah dikarbonisasi dapat digunakan untuk aplikasi adsorpsi, namun untuk meningkatkan daya adsorpsinya arang tersebut perlu diaktivasi lebih dahulu dengan oksidasi pada suhu tinggi. Aktivasi adalah suatu perubahan fisika permukaan karbon dengan cara pengambilan hidrokarbon dari permukaan sehingga membuat permukaan karbon menjadi luas dan berpori. Karbon aktif merupakan adsorben yang sangat berpori, dan yang telah diaktivasi dapat mempunyai daya adsorpsi yang besar sehingga karbon lebih mudah menyerap zat-zat lain.

Mengingat banyaknya sumber bahan untuk pembuatan karbon aktif dimana masing-masing mempunyai karakteristik yang khusus. Maka dasar untuk pengelompokan karbon aktif tersebut hanya didasarkan pada kemampuan adsorpsinya terhadap zat penentu. Senyawa rujukan yang biasa digunakan untuk mengukur kemampuan adsorpsi karbon aktif adalah, metilen biru, fenol, iodium, molase dan karamel. Proses aktivasi melalui oksidasi dapat

menggunakan bahan-bahan pengoksidasi antara lain : *steam*, karbon dioksida, dan oksidator lainnya. Proses aktivasi dilakukan melalui oksidasi, tingkat kemampuan adsorpsi yang terbentuk ditentukan oleh hal-hal : sifat kimia dan konsentrasi gas oksidator, suhu reaksi, tingkat berlangsungnya reaksi dan jumlah serta jenis mineral yang terdapat dalam arang. Reaksi yang terjadi :



Aktivasi dengan udara jarang digunakan kecuali untuk arang tertentu misalnya lignin dan serbuk gergaji yang di karbonisasi dengan alkali, suhu aktivasi pada 600 °C akan memberikan daya penghilangan warna yang sebanding dengan aktivasi oleh steam pada suhu 800°C - 900 °C.

### 3. DATA PENELITIAN

#### 3.1 Bahan

1. Limbah padat (*cake*) hasil kegiatan IPAL dari pabrik NaOH
2. Limbah berupa Tar dan Katalis, dari hasil kegiatan pabrik VCM (*vinyl chloride monomer*).
3. Limbah cair berwarna putih yang disebut SPW (*spent pure water*), hasil kegiatan proses polimerisasi pembuatan PVC.
4. Serbuk gergaji

#### 3.2 Peralatan

1. Peralatan gelas untuk uji di laboratorium
2. Wadah pencampur limbah berpengaduk
3. SWI (*Solid Waste Incinerator*)
4. pH meter
5. Peralatan uji kadar air dan kadar abu

### 4. METODOLOGI PENELITIAN

1. Limbah padat (*cake*) hasil kegiatan IPAL dari pabrik NaOH dicampur dengan limbah Tar dan Katalis, dari hasil

kegiatan pabrik VCM (*vinyl chloride monomer*) dan serbuk gergaji.

2. Campuran tersebut diaktivasi dengan cara dibakar didalam insenerator pada suhu 900°C
3. Abu hasil proses isinerasi diuji kadar air, abu dan pH proses isinerasi diuji bilangan metilen biru dan bilangan iodium

### 5. HASIL DAN PEMBAHASAN

Umpan SWI adalah sebagian dari *cake* (limbah padat IPAL), tar dan buangan katalis lalu dicampur dengan serbuk gergaji. Tujuan pencampuran ini agar diperoleh bentuk yang mudah dimasukkan ke dalam ruang insenerator pertama dengan kecepatan konstan, karena pada suhu kamar tar berbentuk seperti aspal sehingga sulit untuk dilewatkan melalui ban berjalan. Pada proses pembakaran digunakan bahan bakar LPG agar tercapai suhu pembakaran sekitar 900 °C, untuk mendapatkan aktivasi abu hasil pembakaran.

Hasil proses pembakaran adalah limbah padat abu insenerator (abu SWI). Selama proses berlangsung abu akan dipindahkan secara otomatis ke ruang bagian sebelah bawah insenerator. Sedangkan gas dari hasil pembakaran akan masuk kedalam ruang insenerator yang kedua. Karena ada efek siklon maka partikel besar akan terkumpul pada bagian dasar ruang insenerator kedua, sementara itu partikel yang kecil akan terbakar sempurna di dalam insenerator yang kedua ini. Pada suhu tinggi dan tekanan atmosfer, gas Klor akan bereaksi dengan gas Hidrogen dan membentuk gas HCL. Gas buang yang mengandung sedikit partikel padatan ini akan menuju ke *quenching tower* yaitu suatu alat tempat mendinginkan gas panas tersebut hingga suhu turun sampai 80°C dengan cara menyemprotkan air.

Gas HCL serta partikel yang halus akan dipisahkan di *quenching tower* dan gas yang bersih akan dialirkan masuk ke *washing tower* untuk menyerap HCL dan partikel halusnya. Gas buang tersebut selanjutnya akan dialirkan masuk kedalam alkali

washing tower untuk menghilangkan gas HCL yang masih tersisa dengan cara netralisasi menggunakan kaustik soda. Pada proses akhir yang dibuang adalah gas dengan kadar HCL yang sangat rendah sehingga aman bagi lingkungan. Jika melihat komposisi kimia umpan untuk SWI dan berdasarkan teori yang ada maka diperkirakan dari SWI ini akan dihasilkan karbon dengan kualitas yang baik. Kemudian abu insinerator dapat digunakan sebagai adsorben untuk menurunkan turbiditas WSP, sehingga WSP yang telah diproses dapat digunakan untuk kepentingan lainnya.

### 5.1 Daya Adsorpsi

Daya adsorpsi abu insinerator diketahui dari penelitian dan percobaan yang datanya disajikan pada tabel 1 berikut ini : abu insinerator I yang diperoleh mempunyai bilangan metilen biru dengan nilai lebih besar 69,59% dari bilangan metilen biru abu insinerator II, dan terlihat perbedaan yang sangat signifikan sebesar 96% terhadap nilai bilangan metilen biru karbon aktif. Dengan demikian abu insinerator yang diteliti mempunyai nilai 8(delapan) sampai 25 (dua puluh lima) kali bilangan metilen biru karbon aktif. Nilai tersebut menunjukkan bahwa abu insinerator dari SWI mempunyai daya adsorpsi yang sangat baik terhadap metilen biru.

Tabel 1. Daya Adsorpsi Abu Insinerator

Parameter	Bahan Percobaan		
	Abu Insinerator I	Abu Insinerator II	Karbon Aktif
Bil. metilen biru (mg/gram karbon)	615	187	24
Bil. Iodium (mg 12/gram karbon)	1010	1918	1081

Menurut teori senyawa anorganik sangat berpengaruh terhadap peningkatan daya adsorpsi karbon, sehingga besarnya nilai bilangan metilen biru abu insinerator ini sangat erat hubungannya dengan penambahan limbah katalis dari pabrik VCM

yang mengandung tembaga klorida, besi klorida serta cake yang mengandung magnesium hidrosida dan kalsium karbonat.

Senyawa anorganik ini pada saat proses pembakaran di dalam insinerator akan menyediakan kerangka bagi karbon sehingga atom-atom karbon tersusun sedemikian rupa sehingga mempunyai luas permukaan dan jumlah pori yang sangat besar. Selain itu adanya gas-gas seperti karbon dioksida dari kalsium karbonat dan gas klor dari tar akan menyebabkan karbon teraktivasi dengan seragam, karena gas-gas tersebut akan terdistribusi secara merata ke seluruh bagian karbon. Jadi proses pembakaran limbah di SWI ini merupakan proses pembuatan karbon berkualitas.

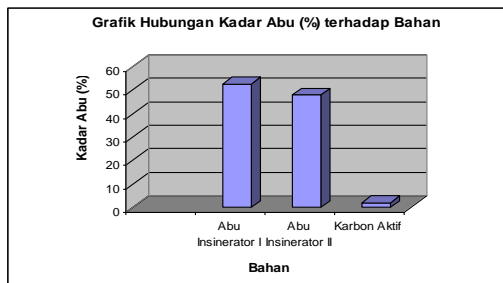
Dari percobaan yang dilakukan terhadap abu insinerator diperoleh data bilangan iodium untuk abu insinerator I adalah 43,64% lebih baik dari bilangan iodium karbon aktif, sebaliknya bilangan iodium abu insinerator II adalah 6,57% kurang baik terhadap karbon aktif. Dari nilai ketiga bilangan iodium ini dapat diperoleh informasi bahwa karbon dengan proses dan komposisi yang berbeda akan memberikan daya adsorpsi yang khas pula terhadap suatu zat.

Secara teoritis karbon yang berasal dari sumber serta pengolahan yang tidak sama akan mempunyai kadar abu dan kadar air yang berbeda pula, dapat dilihat pada tabel 2. Perbedaan ini juga yang mengakibatkan daya adsorpsinya jadi berlainan terhadap suatu zat. Untuk menjelaskan hubungan antara nilai bilangan metilen biru dan iodium dengan daya adsorpsinya disajikan pada grafik hubungan adsorpsi terhadap SPW. Abu insinerator tersebut digunakan untuk mengadsorpsi limbah cair SPW.

Tabel 2. Karakteristik Abu Insinerator

Parameter	Bahan Percobaan		
	Abu Insinerator I	Abu Insinerator II	Karbon Aktif
(%)			
Kadar air	4,55	4,46	11,2
pH	4	4	7

Dari hasil analisa pembakaran limbah diperoleh data bahwa abu insinerator tersebut mengandung kadar karbon dan mempunyai sifat-sifat menyerupai karbon aktif yang mampu mengadsorpsi larutan metilen biru dan iodium. Dari tabel 1 di atas ternyata sesuai dengan teori bahwa daya adsorpsi abu insinerator bersifat khas, abu insinerator I mempunyai daya adsorpsi yang besar terhadap metilen biru, akan tetapi daya adsorpsinya terhadap iodium lebih rendah dibanding dengan abu insinerator II yang mempunyai daya adsorpsi lebih kecil terhadap metilen biru. Kadar air ditetapkan dengan metode gravimetri untuk abu insinerator I dan II relatif tidak berbeda jauh, yaitu sebesar 4,55% dan 4,46% sedangkan untuk karbon aktif kadar air sebesar 11,2%. Penetapan kadar abu dilakukan dengan metode yang sama dan diperoleh kadar untuk abu insinerator I adalah 52,58%, dan untuk abu insinerator II ialah 48% serta untuk karbon aktif sebesar 2,10% dapat dilihat pada gambar 1, yaitu grafik hubungan kadar abu terhadap bahan.

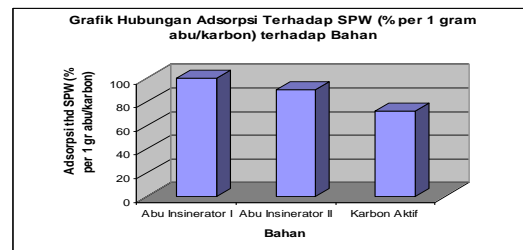


Gambar 1. Grafik Hubungan Kadar Abu Terhadap Bahan

Besarnya kandungan abu dalam limbah disebabkan adanya penambahan limbah katalis, tar dan juga limbah *cake* dari kegiatan proses pemurnian larutan garam. Hasil pembakaran yang mengandung kadar abu yang tinggi disini sangat diperlukan, hal ini untuk mendapatkan daya aktivasi adsorpsi yang besar terhadap limbah dari kegiatan proses polimerisasi. Kemampuan adsorpsi abu insinerator terhadap *SPW* dipengaruhi oleh adanya unsur karbon sebagai hasil pembakaran limbah di dalam *Solid Waste Incinerator* yang berasal dari serbuk gergaji yang

digunakan sebagai *carrier* proses pembakaran limbah.

Seperti dijelaskan sebelumnya bahwa sisa katalis berasal dari pabrik *VCM* yang mengandung senyawa tembaga klorida ( $\text{CuCl}_2$ ) dan besi klorida ( $\text{FeCl}_3$ ), sedangkan *cake* berasal dari hasil kegiatan IPAL pabrik elektrolisis  $\text{NaCl}$  yang mengandung endapan kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) dan magnesium hidroksida  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ . Terbukti teori yang menyatakan bahwa senyawa anorganik sangat berpengaruh terhadap peningkatan daya adsorpsi karbon. Karena mempunyai daya adsorpsi terhadap limbah dari hasil proses polimerisasi (*SPW*) untuk abu insinerator I sebesar 95% per 1 gram abu, 90% untuk abu insinerator II dan 72% untuk per 1 gram karbon aktif, tersaji pada gambar 2, yaitu grafik hubungan adsorpsi terhadap *SPW* berikut ini :



Gambar 2. Grafik Adsorpsi SPW Terhadap Bahan

Senyawa anorganik membuat sifat adsorpsi lebih baik, yaitu bahwa abu insinerator I yang mengandung kadar logam lebih besar mempunyai sifat adsorpsi yang lebih baik dibanding abu insinerator II dengan kadar logam lebih rendah.

Tabel 3. Kadar Logam Dalam Abu Insinerator

Bahan Percobaan	Kadar Logam (%)					
	Hg	Cd	Ca	Mg	Cu	Fe
Abu Insinerator I	-	-	4,14	1,0	1,52	22,2
Abu Insinerator II	-	-	0,47	0,22	0,60	0,56

Dari penelitian diperoleh data kadar logam pada abu insinerator I lebih besar dibandingkan dengan kadar logam pada abu

insinerator II, hal ini disebabkan oleh fluktuasi kadar logam tersebut di dalam limbah, meskipun perbandingan berat campuran umpan *Solid Waste Incinerator* dalam jumlah tetap. Sesuai dengan peraturan tentang pengelolaan limbah B3, hasil penelitian menunjukkan tidak terdapat kadar logam berat Hg dan Cd dalam abu insinerator I maupun II, oleh karena itu dapat digunakan sebagai adsorben untuk mengolah limbah cairnya.

## 5.2 Adsorpsi Terhadap Turbiditas

Pengaruh waktu adsorpsi terhadap penurunan turbiditas *Spent Pure Water* menunjukkan bahwa proses adsorpsi mengikuti garis linier dengan persamaan yaitu

$$\text{Log } (x/m) = \text{log } k + 1/n \text{ log } C \quad (5)$$

Pencampuran limbah katalis dan *slurry* karbon sangat menguntungkan karena dapat meningkatkan daya adsorpsi abu insinerator, dan hal ini menunjukkan bahwa adsorpsi yang terjadi mengikuti pola adsorpsi isothermal Freundlich. Daya adsorpsi abu insinerator I terhadap *SPW* cukup baik, apalagi ternyata persentase kadar abu lebih dari 50% yaitu 52,58% . Dimana untuk 1 gram abu insinerator mampu menurunkan turbiditas *SPW* sampai 95%. Sedangkan karbon aktif hanya mampu menurunkan turbiditas *SPW* sebesar 72% .

## 6. KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 Kesimpulan

1. Limbah padat abu insinerator I berat 1 gram dapat menurunkan turbiditas limbah pabrik PVC yaitu *SPW* sampai 95%, sedangkan karbon aktif hanya mampu sebesar 72% .
2. Daya adsorpsi abu insinerator I terhadap metilen biru sangat baik dibanding dengan karbon aktif, karena kadar abunya 52,58% ,meskipun terhadap iodium daya adsorpsinya relatif lama.

3. Kemampuan adsorpsi *SPW* dipengaruhi oleh adanya unsur karbon sebagai hasil pembakaran di dalam *SWI* yang berasal dari serbuk gergaji.
4. Penambahan komponen anorganik yang berasal dari limbah katalis dan cake hasil IPAL sangat membantu meningkatkan daya adsorpsi abu insinerator.
5. Abu insinerator mengandung karbon yang mempunyai sifat-sifat menyerupai karbon aktif, sehingga mempunyai daya adsorpsi yang baik.

### 6.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian pemanfaatan antara limbah di dalam industri yang bersangkutan.
2. Perlu dilakukan penelitian pemanfaatan limbah antara industri yang berbeda (*waste exchange*).

## 7. DAFTAR PUSTAKA

1. Affendi, M., Mulyadi, S, Takiyah, Supriyanto. Komalawati, E., 1996. "*Uji Pembakaran Sampah Kota Dengan Insinerator Fluidisasi Dan Pemanfaatan Panas Serta Abu Hasil Pembakaran*", Warta Insinyur Kimia, Volume 10 No.4, Badan Kejuruan Kimia- PII, Jakarta.
2. Anonim, 1996. "Sistem Penanggulangan Masalah Sampah Dengan Menggunakan Incinerator" P.T. Gandhi Esa Teknologi, Bandung.
3. Anonim, 2000. "Solid Waste Incineration". ICETT, Japan.
4. Anonim, 2001. "*Industri Kimia Terpadu*", Asahimas Chemical, Anyer Jawa Barat.
5. Fujimura, K., 2002. "*Hazardous Waste Incineration*", JICA, Japan.
6. Hadiwido, B.R., 2001. "*Kelayakan Teknis Dan Lingkungan Abu Insinerator Untuk Beton*", PSIL, Program

- Pascasarjana Universitas Indonesia,  
Jakarta,
7. Hester, R.E., and Harrison R.M., "*Waste incineration and the Environment*", Issues in environmental science and technology, Royal Society of Chemistry.
  8. John Chandler, A., et al., 1997. "*Municipal Solid Waste Incinerator Residues*", The International Ash Working group, Studies in Environmental Science 67, Elsevier Amsterdam-Lausanne-New York-Oxford-Shannon-Tokyo.
  9. Sihotang, P. 2001. "*Dodika Incenerator : Siasati Sampah, Bakarlah Asap*", Majalah Lingkungan Hidup Ozon, Vol.2, No.6, Maret 2001, KLH, Jakarta.
  10. WASTEC International, 2012. "Pengolahan Limbah Industri B3" Partner of Industry, Friend with Nature, USA