

STUDI AWAL PEMANFAATAN LIMBAH *SANDBLASTING* SEBAGAI KOAGULAN

PRELIMINARY STUDY OF *SANDBLASTING* WASTE UTILIZATION AS A COAGULANT

Sukandar¹ and Nila Wildaniand²

Program Studi Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

Jl. Ganesha 10 Bandung 4013

¹nlwdn@yahoo.com and ²kandar@ftsl.itb.ac.id

Abstrak: Limbah sandblasting merupakan sisa hasil kegiatan dari kegiatan sandblasting di industri. Berdasarkan lampiran 2 Peraturan Pemerintah No. 85 Tahun 1999, limbah sandblasting ditetapkan sebagai limbah B3 dari sumber spesifik dengan sumber pencemar berupa logam dan logam berat. Kandungan Al dan Fe yang tinggi pada limbah sandblasting berpotensi untuk di manfaatkan menjadi koagulan berbasis logam. Pemanfaatan limbah sandblasting menjadi koagulan merupakan upaya berarti dalam pencegahan pencemaran limbah B3 dan penghematan sumberdaya alam. Dalam penelitian ini, limbah sandblasting diolah secara kimia menggunakan asam klorida menjadi cairan dengan kandungan Al dan Fe yang tinggi sehingga dapat digunakan sebagai koagulan dalam pengolahan air/ air limbah. Kondisi optimal pembentukan koagulan dicapai dengan penambahan 310.25 kg HCl/ ton limbah sandblasting pada 110 °C dengan waktu pelindian selama 3 jam. Hasil analisis ekstrak cair limbah sandblasting pada kondisi optimal menunjukkan perolehan kembali logam Al sebesar 57.86 % dan Fe sebesar 97.28 %.

Kata kunci: Limbah sandblasting, Koagulan, Aluminium, Besi.

Abstract: Sandblasting waste is a by-product material from sandblasting activity in industry. Based on lampiran 2 Peraturan Pemerintah No. 85 Tahun 1999, sandblasting waste is regarded as hazardous wastes from specific source with heavy metals as main pollutant. Sandblasting waste contains high amount of Al and Fe, which are potential to be utilized as metals based coagulant. Utilization of sandblasting waste as coagulant is not only prevents hazardous waste pollution but also can save natural resources. In this study sandblasting waste is chemically treated using hydrochloric acid addition into liquid containing high amount of Al and Fe that can be used as coagulant for water/wastewater treatment plant. Optimal condition for the production of coagulant achieved by acid treatment using 310.25 kg HCl/ ton sandblasting waste at 110 °C for 3 hour leaching period. Under these condition final extraction and recovery yields of 57.86%Al and 97.28% Fe.

Key words: Sandblasting waste, Coagulant, Aluminum, Iron

1. PENDAHULUAN

Limbah *sandblasting* merupakan sisa hasil kegiatan *sandblasting* di industri. Kegiatan tersebut berupa penghalusan, pembentukan dan pembersihan permukaan yang keras dengan menembakkan partikel halus berkecepatan tinggi ke permukaan. Kegiatan *sandblasting* mirip dengan pengampelasan namun memberikan hasil yang lebih maksimal. Proses *sandblasting* telah digunakan secara luas di industri dan dikenal sebagai salah satu teknik penanganan permukaan yang baik, khususnya dalam aplikasi pengecatan atau pelapisan permukaan. Dengan melepaskan material abrasif berkecepatan tinggi ke permukaan, cacat pada permukaan akan tersisih sehingga menghasilkan permukaan yang halus dan siap untuk dilapisi atau dicat. Pada umumnya proses *sandblasting* diaplikasikan pada industri galangan kapal, industri perakitan otomotif, industri logam, dan untuk keperluan pemeliharaan kilang minyak pada industri migas, transportasi, serta pemeliharaan infrastruktur sipil.

Berdasarkan lampiran 2 Peraturan Pemerintah No. 85 Tahun 1999, limbah yang berasal dari kegiatan *sandblasting* ditetapkan sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) dari sumber spesifik, yaitu limbah sisa proses suatu industri atau kegiatan yang secara spesifik dapat ditentukan berdasarkan kajian ilmiah. Limbah *sandblasting* dikategorikan sebagai limbah B3 karena pada limbah tersebut terindikasi mengandung sejumlah logam berat yang dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan dan lingkungan. Paparan debu limbah *sandblasting* secara terus menerus berpotensi menyebabkan iritasi pada kulit, gangguan pernapasan bahkan silikosis. Pembuangan limbah *sandblasting* ke lingkungan tanpa pengolahan yang baik dapat mencemari udara, air dan tanah.

Timbulan limbah *sandblasting* di Indonesia belum diketahui secara tepat jumlahnya. BPLHD Jawa Barat menyebutkan limbah *sandblasting* di Provinsi Jawa Barat pada tahun 2007 mencapai 20,04 drum. Pada awal tahun 2009 dilaporkan terdapat timbunan pasir besi (limbah *sandblasting*) impor asal Korea sebanyak 3.800 ton di Batam (Kompas, 2009). Berdasarkan penelitian yang dilakukan Wolbach dan Donal, timbulan limbah *sandblasting* dapat diprediksi melalui perhitungan luas permukaan yang akan diproses yaitu 545 kg limbah *sandblasting*/100 m² area permukaan.

Metode penanganan limbah *sandblasting* di suatu negara tidak sama dengan negara lainnya mengingat masing-masing negara memiliki hukum terkait penanganan limbah B3 tersendiri. Walau demikian, metode yang paling umum digunakan yaitu penimbunan dalam lahan urug atau sebatas penyimpanan dalam kontainer tertutup. Penanganan limbah *sandblasting* lainnya berupa penggunaan ulang dan pengolahan dengan stabilisasi dan solidifikasi untuk dijadikan bahan pembuat keramik atau bahan bangunan. Namun pengolahan yang ada belum cukup menangani timbulan limbah *sandblasting* yang terus meningkat sebanding dengan peningkatan industri. Selain itu, ketersediaan lahan untuk penimbunan akhir semakin terbatas. Dengan demikian diperlukan penelitian terkait potensi limbah *sandblasting* untuk digunakan kembali.

Ditinjau dari komposisi oksida logam yang dominan, limbah *sandblasting* terdiri dari oksida logam besi, aluminium dan silika. Kandungan Al dan Fe yang tinggi pada limbah *sandblasting* merupakan sumberdaya potensial untuk dijadikan bahan baku pembuatan koagulan berbasis logam. Koagulan berbasis logam Al dan Fe sudah dikenal dan digunakan secara luas dalam pengolahan air. Garam aluminium dan besi akan membentuk gelatin hidroksida logam yang mampu mengendapkan partikel koloid

(Corrbit, 2004). Selain itu ion logam dalam koagulan akan bereaksi dengan protein virus dan menghancurkan virus yang terkandung dalam air (Manahan, 2000). Poulin et al (2008) dalam penelitiannya berhasil mengolah limbah red mud yang mengandung 45-55% oksida besi menjadi koagulan. Laju produksi 222 kg Fe/ton red mud and 78.9 kg Al/ton red mud dihasilkan dengan memanaskan campuran limbah dan 1765 kg H₂SO₄ selama dua jam. Penelitian lainnya berhasil mengolah abu terbang batu bara dengan kandungan oksida besi 10-40 % dan oksida aluminium 5-35 % menjadi koagulan kompleks berupa *polymeric ferric sulfate* (PFS) and *polymeric aluminum sulfate* (PAS) melalui ekstraksi oleh SO₂ (Ling Li et al., 2009)

Perolehan kembali logam Al dan Fe dari limbah *sandblasting* merupakan upaya pemanfaatan limbah B3 yang diatur dalam Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 2 Tahun 2005 tentang Pemanfaatan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. Adanya pemanfaatan limbah *sandblasting* sebagai koagulan tentu tidak hanya mencegah pencemaran oleh limbah *sandblasting* namun juga dapat menghemat sumberdaya dan energi yang menguntungkan untuk kehidupan. Dengan demikian perolehan kembali logam Al dan Fe pada limbah *sandblasting* untuk dimanfaatkan sebagai koagulan menjadi sangat menarik untuk diteliti.

Penelitian ini akan mempelajari potensi limbah *sandblasting* sebagai bahan baku dalam pembuatan koagulan. Dalam penelitian ini, pembuatan koagulan dilakukan melalui pemanasan dan pengadukan sampel dengan penambahan asam klorida sebagai pelarut dan NaCl sebagai garam pembantu pelarut. Kehadiran NaCl terlarut akan mempengaruhi kesetimbangan fasa pada larutan campuran (Hassaine et al., 2008)

2. METODOLOGI

Persiapan sampel

Sampel limbah *sandblasting* diperoleh dari salah satu industri perakitan otomotif di Jawa Barat. Sampel berupa partikel halus yang kering, di homogenisasi menggunakan mortar keramik sampai didapat bentuk bubuk. Bubuk sampel kemudian disimpan dalam wadah plastik kering untuk digunakan dalam penelitian ini.

Karakterisasi logam Al dan Fe

Ekstraksi asam dilakukan pada limbah *sandblasting* dengan mengacu pada metode 3050B USEPA dan dilakukan dibawah titik didih untuk mengekstraksi kandungan logam berat kecuali elemen yang terikat pada struktur silikat. Hasil ekstraksi limbah *sandblasting* disaring menggunakan kertas Whatman No. 42 untuk menghilangkan partikel-partikel sampel yang dapat mengganggu pengukuran berikutnya. Filtrat dari ekstraksi sampel dianalisis dengan metode AAS menggunakan flame jenis udara/asetilen untuk logam Fe dan flame jenis N₂O/asetilen untuk logam Al. Pengerjaan metode ini dilakukan secara duplo.

Percobaan konsentrasi asam

Limbah *sandblasting* sejumlah 10 gram disimpan dalam gelas reaksi berukuran 200 ml. Kemudian di tambahkan HCl (32% Pro Analysis) ke setiap beaker glass dengan 5 variasi konsentrasi (0,062 mol, 0,072 mol, 0,078 mol, 0,085 mol, 0,095 mol). Variasi konsentrasi asam ditentukan berdasarkan stoikiometri reaksi. Al₂O₃ and Fe₂O₃ yang terkandung dalam sampel bereaksi dengan HCl menghasilkan Al³⁺ and Fe³⁺ seperti dalam persamaan (1) dan (2)



Reaksi berikutnya yang terjadi yaitu sebagai berikut



Berdasarkan reaksi tersebut jumlah total HCl (mol) yang akan bereaksi sempurna dengan Al dan Fe yaitu sebanyak 0,062 mol. Variasi berikutnya ditentukan dengan melebihkan volume penambahan HCl sebanyak 10 % dari variasi sebelumnya. Setelah temperatur optimal reaksi diketahui, kelima sampel dipanaskan pada temperatur optimal menggunakan *magnetic stirrer hotplate* (thermolyne) selama 3 jam untuk melindungi komponen logam pada limbah *sandblasting*. Selama proses pelindian berlangsung sampel dalam gelas ditutup oleh kaca arloji untuk mengurangi evaporasi larutan. Lindi yang dihasilkan disaring menggunakan kertas Whatman no. 42 untuk menyisihkan padatan yang dapat mengganggu pengukuran dalam analisis berikutnya. Filtrat hasil penyaringan lindi kemudian dianalisis dengan metode AAS menggunakan flame udara/acetylene untuk analisis konsentrasi besi dan flame N₂O/acetylene untuk analisis konsentrasi aluminium.

Percobaan pengaruh temperatur

10 gram sampel dengan penambahan asam sebanyak 0,062 mol dipanaskan pada 85, 110, 200°C dan tanpa pemanasan untuk mengetahui pengaruh temperatur terhadap kelarutan Fe dan Al.

Percobaan waktu pelindian

Untuk membuat campuran yang homogen pelindian dilakukan dengan pengadukan menggunakan *magnetik stirrer* dengan variasi waktu pelindian yaitu 1, 2, 3 dan 4 jam. Percobaan ini dilakukan setelah temperatur dan konsentrasi asam optimal diketahui. Selama proses pelindian berlangsung sampel dalam gelas ditutup oleh kaca arloji untuk mengurangi evaporasi larutan. Lindi yang dihasilkan disaring menggunakan kertas Whatman no. 42 untuk menyisihkan padatan yang dapat mengganggu pengukuran dalam analisis berikutnya. Filtrat hasil penyaringan lindi kemudian dianalisis dengan metode AAS menggunakan flame udara/acetylene untuk analisis konsentrasi besi dan flame N₂O/acetylene untuk analisis konsentrasi aluminium.

Percobaan pengaruh NaCl

NaCl dikenal sebagai garam yang dapat membantu meningkatkan kelarutan fasa padat sampel dalam larutan. 4 variasi masa NaCl (3, 4, 6, and 8 g) ditambahkan ke setiap 10 gram sample yang sudah ditambahkan jumlah asam optimal. Percobaan ini dilakukan dengan periode pelindian dan temperatur optimal. Hasil percobaan ini dibandingkan dengan sampel tanpa penambahan NaCl.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pembuatan koagulan terdiri dari rangkaian proses yang efektif dan relatif murah dalam melarutkan Al dan Fe pada limbah *sandblasting* sehingga di dapat larutan dengan kandungan Fe dan Al tinggi yang dapat digunakan sebagai koagulan dalam pengolahan air. Gambar 1 menunjukkan diagram proses pembuatan koagulan dalam penelitian ini.

Komponen Oksida Logam Sampel

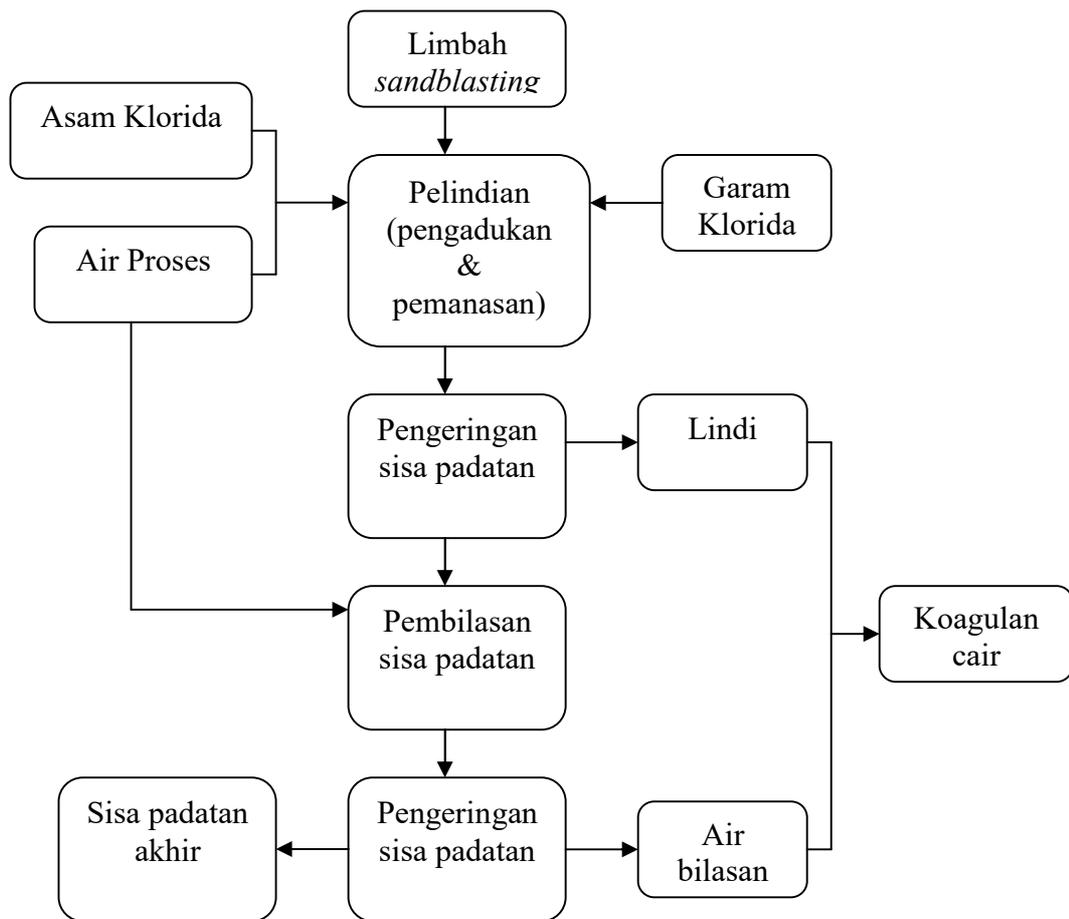
Fase pertama dalam proses ini adalah karakterisasi sampel. Limbah *sandblasting* terdiri dari oksida logam utama berupa oksida besi, oksida aluminium dan oksida silika (Tabel.1). Sedangkan hasil ekstraksi asam pada sampel memberikan total Al dan Fe yang terdapat pada limbah (Tabel 2)

Tabel 1. Kandungan oksida logam sampel

No.	Jenis Oksida	Hasil Analisa (%)
1	SiO ₂	31,2
2	Al ₂ O ₃	0,88
3	Fe ₂ O ₃	51,2
4	CaO	0,99
5	MgO	0,33
6	K ₂ O	0,21
7	LOI	13,7

Tabel 2. Kandungan Total logam Al dan Fe pada sampel

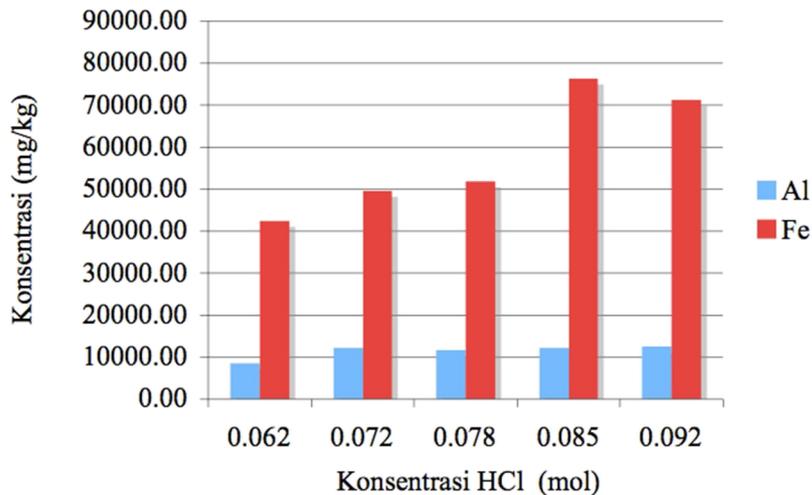
Parameter	Konsentrasi (mg/kg)
Fe	78461,32
Al	21033,97



Gambar 1. Diagram alir proses pembentukan koagulan

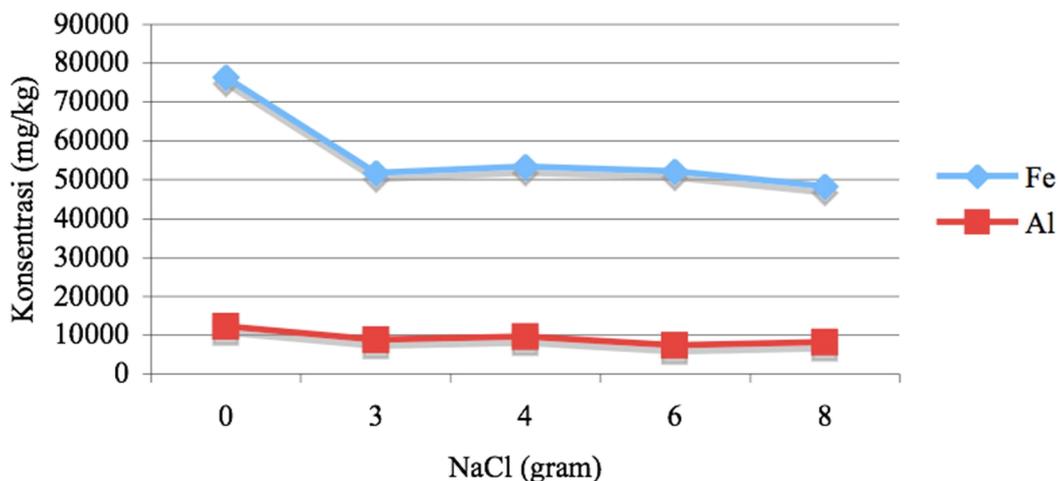
Percobaan waktu pelindian

Fase kedua dalam proses ini yaitu pengasaman sampel menggunakan asam klorida sebanyak 237,25 sampai 335,8 kg HCl/ton limbah *sandblasting*. Gambar 2 menunjukkan variasi kelarutan Al dan Fe terhadap variasi konsentrasi asam pada 110°C. Kelarutan Al dan Fe yang optimal dicapai dengan penambahan asam klorida sebanyak 0,085 mol atau setara dengan 310,25 kg HCl/ton limbah *sandblasting*. Biaya yang dibutuhkan terkait penambahan asam klorida dalam pembuatan koagulan diperkirakan mencapai Rp 775.625/ ton limbah *sandblasting*. Berdasarkan gambar 2 kelarutan Al tidak banyak terpengaruh oleh penambahan konsentrasi asam.



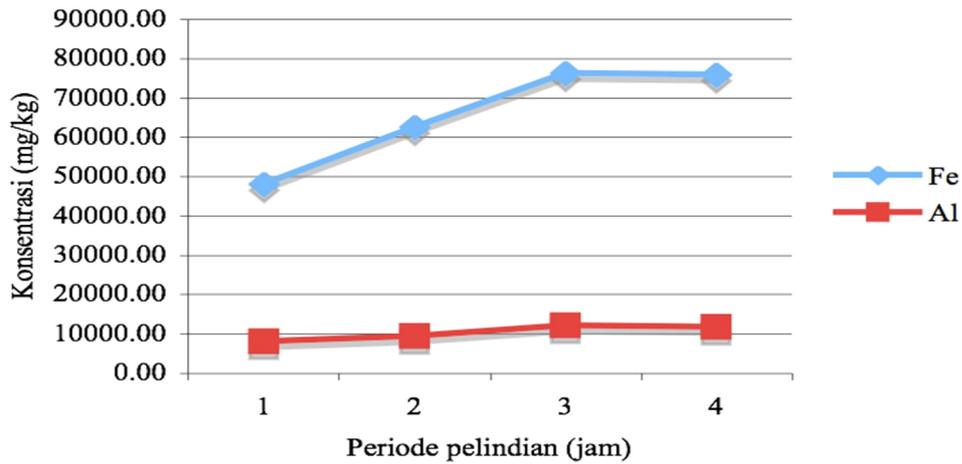
Gambar 2. Pengaruh konsentrasi HCl terhadap kelarutan Al dan Fe

Penambahan NaCl sebanyak 0-800 kg NaCl/ton limbah *sandblasting* dilakukan untuk menentukan kontribusi NaCl dalam melarutkan Al dan Fe dalam larutan. Gambar 3 menunjukkan variasi kelarutan Al dan Fe untuk variasi penambahan NaCl. Kondisi optimal untuk pembentukan koagulan dicapai tanpa penambahan NaCl. Dalam hal ini penambahan NaCl menyebabkan jumlah ion Cl dalam larutan berlebih sehingga terjadi efek *salting out*. *Salting out* dapat dideskripsikan sebagai fenomena dimana air tidak dapat melarutkan akibat ion-ion terlarut dalam kondisi jenuh (Hassaine et al., 2008)



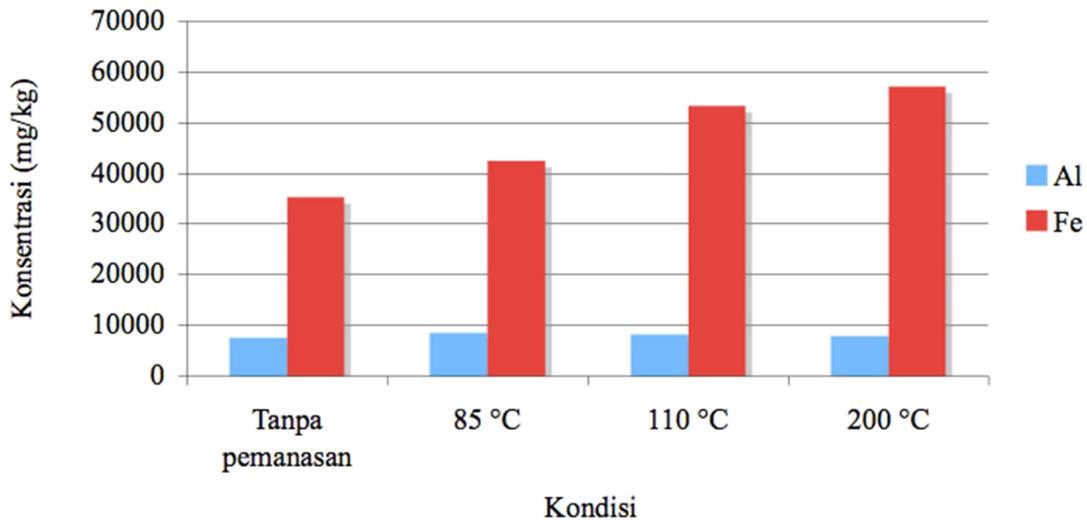
Gambar 3. Pengaruh penambahan NaCl terhadap kelarutan Al dan Fe

Untuk melarutkan Al dan Fe pada limbah *sandblasting* secara memadai larutan sampel kemudian dilindikan selama 1 sampai 4 jam. Pengaruh periode pelindian terhadap kelarutan Al dan Fe ditampilkan dalam gambar 4. Pada konsentrasi pereaksi, temperatur, pengadukan yang sama serta sampel *sandblasting* yang homogen, didapat waktu pelindian yang optimal untuk perolehan kembali Al dan Fe yaitu 3 jam. Kelarutan Al tidak banyak dipengaruhi oleh periode pelindian.



Gambar 4. Pengaruh periode pelindian terhadap kelarutan Al dan Fe

Larutan sampel diproses tanpa pemanasan dan dengan pemanasan pada 85, 110, dan 200°C. Keseimbangan antara ion dalam larutan dengan fasa solid sampel limbah *sandblasting* dipengaruhi oleh temperatur berdasarkan persamaan Van't Hoff. Pelarutan fasa padat dalam larutan umumnya merupakan reaksi endotermik dimana kelarutan padatan akan meningkat seiring peningkatan temperatur (Rosenqvist,2004). Teori tersebut sesuai dengan hasil percobaan (Gambar. 5). Hasil percobaan menunjukkan temperatur optimal untuk pembentukan koagulan yaitu 200°C namun untuk menghemat biaya produksi temperatur optimal yang dipilih yaitu 110 °C.



Gambar 5. Pengaruh temperatur terhadap konsentrasi Al dan Fe

Peningkatan temperatur, periode pelindian, dan konsentrasi asam secara umum meningkatkan kelarutan Al dan Fe pada limbah *sandblasting*. Urutan penambahan asam, garam, dan air dapat dilakukan secara acak sebab tidak mempengaruhi hasil akhir kelarutan Al dan Fe. Pada prinsipnya penggunaan asam klorida dalam pembuatan koagulan ini dapat digantikan dengan jenis asam yang lain. Begitu juga dengan jenis garam yang digunakan, natrium klorida dapat digantikan oleh kalsium klorida, magnesium klorida dan potassium klorida.

Pemisahan fasa padat limbah *sandblasting*

Tahap selanjutnya yaitu pemisahan fasa padatan limbah *sandblasting* dari fraksi cair. Tahap ini dapat dilakukan melalui beberapa metode seperti dekantasi, filtrasi, sentrifugasi, atau standar lain yang setara. Pada penelitian ini pemisahan fasa padat limbah *sandblasting* dilakukan dengan filtrasi menggunakan pompa vakum tanpa penambahan flokulan.

Pembilasan sisa limbah *sandblasting*

Langkah ke empat dalam proses pembentukan koagulan cair yaitu pembilasan sisa limbah *sandblasting* untuk memperoleh kembali Al dan Fe terlarut yang tersisa dalam larutan sampel. Pembilasan dilakukan menggunakan air demineralisasi untuk mengurangi keasaman sisa limbah *sandblasting*. Tahap ini dapat diulangi untuk perolehan Al dan Fe terlarut yang lebih banyak.

Pengadukan lindi

Proses berikutnya yaitu pengadukan campuran antara lindi yang berasal dari tahap dua dan air bilasan yang dihasilkan pada tahap 4. Campuran ini merupakan koagulan cair yang mengandung Al dan Fe dalam jumlah tinggi. Dengan penambahan 310,25 kg asam klorida/ ton limbah *sandblasting*, pemanasan pada 110 °C dan periode pelindian selama 3 jam, koagulan cair yang dihasilkan mengandung Al sebanyak 487,1 ppm dan Fe sebanyak 3055 ppm. Konversi dalam persentase perolehan kembali menghasilkan angka 57,86 % untuk perolehan kembali Al dan 97,28 % untuk perolehan kembali Fe.

4. KESIMPULAN

Limbah *sandblasting* memiliki kandungan logam Al dan Fe yang tinggi, sehingga berpotensi untuk dimanfaatkan menjadi koagulan berbasis Al dan Fe. Kondisi optimal pembentukan koagulan dari limbah *sandblasting* dicapai dengan penambahan 310,25 kg HCl/ ton limbah *sandblasting* (setara dengan biaya sebesar Rp 775.625) dengan waktu pelindian selama 3 jam dan pemanasan pada 110 °C. Pada kondisi optimal perolehan kembali Al yaitu sebesar 57,86% dan perolehan kembali Fe sebesar 97,28%. Koagulan cair yang dihasilkan mengandung Al sebanyak 487,1 ppm dan Fe sebanyak 3055 ppm. Produk koagulan cair tersebut perlu diujikan kemampuannya dalam menyisihkan parameter pencemar dalam air.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Daerah (BPLHD). 2007. Kegiatan Inventarisasi Limbah B3 di Jawa Barat. Bandung: BPLHD Jabar.
- Corbitt. Robert A, 2004, *Standard handbook of Environmental Engineering*, The McGraw-Hill Companies.
- Hasseine, A., Meniai, A. H., Korichi, M., 2009, *Salting –out effect of single salts NaCl and KCL on the LLE of the system (water + toluene+acetone), (water+cyclohexane+2-propanol) and (water+xylylene+methanol)*, Journal of Desalination vol. 242, pages 264-276; Elsevier.

- Kompas. 2009. *Timbulan Limbah B3 di Batam*.(URL: <http://www.kompas.com>, 20 Juli 2009)
- Ling Li., Fan, Maohong., Brown, Robert C., Koziel, Jacek A., Van Leeuwen, J (Hans)., 2009, *Production of A New Wastewater Treatment Coagulant from Fly Ash with Concomitant Flue Gas Scrubbing*, Journal of Hazardous Materials vol. 162, pages 1430-1437; Elsevier.
- Manahan. Stanley E, 2000, *Environmental Chemistry*, Boca Raton: CRC Press LLC
- Poulin, Edith., Blais, Jean Francois., Mercier, Guy., 2008, *Transformation of Red Mud from Aluminum Industry into Coagulant for Wastewater Treatment*, Journal of Hydrometallurgy vol. 92, pages 16-25; Elsevier.
- Rosenqvist. Terkel., 2004, *Principles of Extractive Metallurgy*, Trondheim: Tapir Academic Press.