



## ZEOLIT DAN SILIKA SEKAM PADI SEBAGAI ADSORBEN UNTUK ION LOGAM PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI SMELTER NIKEL

Zainal Abidin<sup>1</sup>, Ruslan Kalla<sup>2</sup>, Syamsuddin Yani<sup>3 \*</sup>

1. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia,
2. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia,
3. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia.  
Jl. Urip Sumoharjo Km.05 Kota Makassar  
Email: [hzabidin24@gmail.com](mailto:hzabidin24@gmail.com), [ruslan.kalla@umi.ac.id](mailto:ruslan.kalla@umi.ac.id), [syamsuddin.yani@umi.ac.id](mailto:syamsuddin.yani@umi.ac.id)

### ABSTRAK

Adsorben merupakan zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari suatu fase fluida. Kebanyakan adsorben yang digunakan dalam proses adsorpsi adalah alumina, karbon aktif, silika gel, dan zeolit. Tujuan penelitian ini mengetahui kondisi optimum (pH dan Waktu kontak) adsorben silika sekam padi dan zeolit untuk mengadsorpsi limbah cair dalam penyerapan logam berat pada industri smelter nikel. Penelitian dilakukan dengan metode adsorpsi (batch), penelitian ini diawali dengan preparasi dan aktivasi zeolit menggunakan larutan HCL 0.15 N dengan rasio 1 g zeolit / 10 ml larutan HCL selama 3 jam sambil diaduk, zeolit dikeringkan di dalam oven pada suhu 105°C selama 3 jam, analisa sampel dengan FAAS. Berdasarkan hasil penelitian, disimpulkan bahwa waktu kontak optimum yang dibutuhkan kedua adsorben yaitu 30 dan 60 menit pada pH asam (5), dimana pada adsorben silika sekam padi dapat menyerap timbal (Pb) sebesar 85,4 %, dan krom heksavalen (Cr) sebesar 82,6 % dan adsorben Zeolit dapat menyerap timbal (Pb) sebesar 49,6 % - 85,4 %, dan Krom heksavalen (Cr) sebesar 73,9 % - 82,6 % yang terkandung dalam limbah cair smelter nikel.

**Kata kunci:** Adsorben, Adsorpsi, Silika sekam padi, Zeolit.

### ABSTRACT

Adsorbents are solids that can absorb certain components of a fluid phase. Most adsorbents used in the adsorption process are alumina, activated carbon, silica gel, and zeolites. In this study using silica gel rice husks and zeolites. Both of these materials are very potential as heavy metal absorbent materials. The purpose of this study was to determine the optimum conditions (pH and contact time) of adsorbents of rice husk silica and zeolites to adsorb liquid waste in the absorption of heavy metals in the nickel smelter industry. The study was carried out by the method of adsorption (batch), this study began with the preparation and activation of zeolites using a 0.15 N HCL solution with a ratio of 1 g zeolite / 10 ml HCL solution for 3 hours while stirring, zeolites were dried in an oven at 105°C for 3 hours. For the manufacture of rice husk silica where 20 mL Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> solution is placed in a beaker and stirred with a magnetic stirrer while adding 3 M HCl solution drop by drop until a gel is formed which is then stored for 24 hours, then washed with hot distilled water to neutral and dried in an oven at 120 °C for 48 hours. Furthermore, the two adsorbents were characterized by FTIR and XRD, then the adsorption process was carried out between the adsorbent and the smelter liquid waste with variables (pH and contact time), after that it was analyzed by FAAS. Based on the results of the study it can be concluded that the optimum contact time required for both adsorbents is 30 and 60 minutes at acidic pH (5), where the rice husk silica adsorbent can absorb lead (Pb) by 85.40%, and chromium heksavalen (Cr) 82.6 % and Zeolite adsorbents can absorb lead (Pb) by 49.6 % - 85.4 %, and chrome heksavalen (Cr) by 73.9 % - 82.6 % contained in smelter liquid waste nickel.

**Keywords:** Adsorbent, Adsorption, Silica of rice husk, Zeolite.

### PENDAHULUAN

Perkembangan dalam bidang industri di Indonesia pada saat ini cukup pesat. Hal ini ditandai dengan semakin banyaknya industri yang memproduksi berbagai jenis kebutuhan manusia. Seiring dengan pertambahan industri tersebut, maka semakin banyak pula limbah (hasil sampingan yang

diproduksi sebagai limbah). Salah satu limbah tersebut logam berat yang dibuang sebagai limbah. Logam yang dimaksud adalah timbal (Pb), kromium (Cr), kadmium (Cd) dan tembaga (Cu). Limbah ini akan menyebabkan pencemaran serius terhadap lingkungan jika kandungan logam berat yang terdapat di dalamnya melebihi ambang batas serta mempunyai sifat racun

yang sangat berbahaya dan akan menyebabkan penyakit serius bagi manusia apabila terakumulasi di dalam tubuh.

Pabrik smelter PT Huadi Nickel-Alloy Indonesia di Bantaeng, pada November 2018, mulai ekspor. Januari 2019, peresmian pabrik smelter. Sudah peresmian dan ekspor belasan kali tetapi dokumen lingkungan perusahaan masih proses. Investasi pembangunan smelter di Bantaeng memerlukan sekitar US\$40 juta. Dua tungku saat ini menghasilkan 150 metrik ton per hari dan 4.200 metrik ton setiap bulan atau 50.000 metrik ton setiap tahun. Ini bakal merencanakan pembangunan tahap kedua pada akhir 2020, untuk target produksi 200.000 metrik ton. Huadi mendapatkan pasokan nikel mentah dari wilayah-wilayah lain mulai Malili di Sulawesi Selatan, Kolaka, Bombana, dan Kolaka Utara di Sulawesi Tenggara, sampai Buton. Salah satu pemasok nikel Huadi, PT Citra Lampia Mandiri, pemegang izin usaha pertambangan (IUP) di Desa Harapan, Kecamatan Malili, dekat Sungai Pongkeru, seluas 2.660 hektar. Citra Lampia, dinilai belum memiliki izin pemanfaatan terminal khusus dalam pengangkutan bahan baku tambang Nikel oleh PT Huadi Nickel-Alloy Indonesia pada 5 Mei 2018 seperti dikatakan oleh Bupati Bantaeng dua periode Nurdin Abdullah beberapa waktu yang lalu.

Kini buangan peleburan biji nikel (Slag) yang ditimbun pada dermaga pelabuhan Smalter PT. Huadi yang ada di Desa Papan Loe Kecamatan Pa'jukukang sudah mulai turun ke laut. Hal ini, tentunya secara perlahan tapi pasti akan berdampak buruk pada ekosistem laut yang ada di perairan Bantaeng. Mengingat Slag tersebut mengandung racun dan zat kimia yang tentunya sangat berbahaya bagi kesehatan. Bahkan Slag juga termasuk dalam Peraturan Pemerintah Nomor 101 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) dan harusnya dapat menjadi perhatian khusus bagi pemilik Smelter dan Pemerintah Kabupaten.

Kebanyakan adsorben yang digunakan dalam proses adsorpsi adalah alumina, karbon aktif, silika gel, dan zeolit. Adsorben tersebut mempunyai kemampuan adsorpsi yang baik tetapi tidak ekonomis. Dewasa ini sedang digalakkan penelitian mengenai penggunaan adsorben alternatif yang berasal dari alam, dimana selain memiliki kemampuan adsorpsi yang baik juga bersifat lebih ekonomis (Jalali et al., 2002).

Salah satu cara pengolahan limbah yaitu dengan metode penyerapan ion ion logam ke dalam adsorben, sehingga kadar logam dapat dikurangi. zeolit yang paling sering digunakan sebagai media pengolah limbah industri. Zeolit merupakan material berpori dan memiliki beberapa kandungan mineral dominan ( $\text{SiO}_4$  dan  $\text{AlO}_4$ ). Kapasitas adsorpsinya dapat ditingkatkan dengan aktivasi larutan asam kuat atau basa kuat. Menurut hasil penelitian Ginting (2003) dari proses aktivasi dapat meningkatkan beberapa sifat fisik dan kimia dari zeolit seperti keasaman permukaan dan porositas sehingga lebih efektif sebagai adsorben.

Salah satu pemanfaatan adsorben selain zeolit, bahan alam yang dapat dimanfaatkan sebagai adsorben adalah silika gel yang dapat diperoleh dari sekam padi (Kalaphaty *et al.* 2000; Mujiyanti *et al.* 2010; Ghosh dan Bhattacharjee 2013; Nurhajawarsi *et al.* 2018). Sekam padi mengandung 17%-20% silika dalam bentuk kompleks sedangkan dalam arang sekam padi mengandung 85%-95% silika amorf (Ghosh dan Bhattacharjee 2013). Sebagai adsorben, silika gel memiliki banyak kelebihan antara lain luas permukaan yang besar, stabilitas tinggi (dalam panas dan asam), dan tidak mengembang, silika gel juga mudah dimodifikasi (Jiang *et al.* 2006; Zhu *et al.* 2008)

Salah satu adsorben yang menjanjikan adalah limbah organik seperti limbah tanaman jagung, padi, pisang, dan lain-lain. Di antara beberapa limbah organik tersebut yang menarik adalah penggunaan sekam padi. Hal ini disebabkan sifat sekam padi yang rendah nilai gizinya, tahan terhadap pelapukan, memiliki kandungan abu yang tinggi, bersifat abrasif, menyerupai kandungan kayu, serta memiliki kandungan karbon yang cukup tinggi (Danarto, 2007).

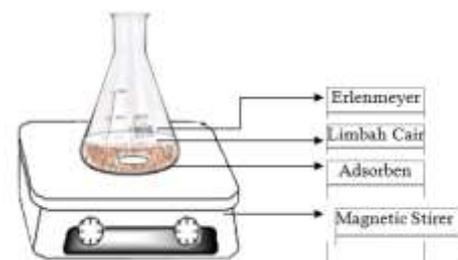
Keberadaan abu sekam padi di Indonesia belum mendapatkan perhatian, dan hanya terbatas untuk beberapa keperluan sederhana misalnya untuk abu gosok. Bahkan di beberapa daerah sekam padi dibuang dan dianggap sebagai bahan yang kurang bermanfaat. Padahal, abu sekam padi merupakan bahan yang sangat potensial sebagai bahan penyerap logam berat dalam air. Abu sekam padi dapat digunakan sebagai adsorben karena selain merupakan material berpori juga mempunyai gugus aktif yaitu Si-O-Si dan Si-OH (Setyaningtyas, 2005).

Berdasarkan latar belakang di atas, peneliti tertarik untuk mendalami lebih jauh kemampuan adsorpsi kedua material berpori tersebut di atas yaitu silika gel dan zeolit dalam menyerap ion logam pada limbah cair industri smelter nikel.

## METODE PENELITIAN

### Alat, Bahan dan Metode :

Peralatan yang digunakan adalah seperangkat alat adsorpsi yang terdiri dari erlenmeyer dan magnetik stirrer serta alat pembantu lainnya yang biasa digunakan di laboratorium bersangkutan.



Gambar 1. Rangkaian Alat Adsorpsi

Alat Pendukung lainnya : Tanur, Lumpang & Alu, Sieve, pH Meter, Magnetik Stirrer, Oven, Desikator, FTIR, XRD, *Water Batch Shaker*, Sentrifugasi, FAAS.



Bahan utama pada penelitian ini: Zeolit Sangkaropi-Mendila Kabupaten Tana Toraja, Silika Sekam Padi, HCl, NaOH, Limbah cair Industri smelter nikel Bantaeng.

Prosedur Penelitian ini dilakukan beberapa tahap, antara lain:

### 1. Aktivasi Zeolit

Pada tahap aktivasi, zeolit alam digerus dengan menggunakan lumpang porselen lalu diayak untuk mendapatkan ukuran butir partikel 40 - 50 mesh. Aktivasi dilakukan dengan cara mencampur zeolit alam dengan larutan HCl 0,15 N dengan rasio 1 g zeolit / 10 ml larutan HCl selama 3 jam sambil diaduk. Zeolit dipisahkan menggunakan kertas saring dan dicuci dengan akuades. Selanjutnya zeolit dikeringkan di dalam oven pada suhu 105°C selama 3 jam. Zeolit yang telah dipanaskan ini kemudian didinginkan di dalam desikator (modifikasi Emelda et al. 2013).

### 2. Pengabuan Arang Sekam Padi

Arang sekam padi dibersihkan dari kotoran kemudian direndam dengan air panas selama 2 jam dan dikeringkan di dalam oven pada suhu 110 °C. Setelah itu arang sekam padi dihaluskan dan diayak dengan ayakan 200 mesh, selanjutnya arang sekam padi yang sudah bersih dan kering dimasukkan ke dalam cawan porselein dan diabukan dalam tungku pengabuan (tanur) pada suhu 400 °C selama 2 jam dan diteruskan pada suhu 750 °C selama 4 jam (Nurhajawarsi et al. 2018).

### 3. Pembuatan Natrium Silikat

Dua puluh gram abu sekam padi yang sudah dicuci dengan 150 mL HCl 6M dipanaskan sambil diaduk dengan pengaduk magnetic stirrer dengan putaran 250 rpm dan suhu 200 °C selama 2 jam. Selanjutnya, dinetralkan dengan akuades panas berulang-ulang. Hasil pencucian dikeringkan dalam oven. Abu sekam padi bersih kemudian ditambahkan dengan 158 mL larutan NaOH 4M (stoikiometrik). Selanjutnya dididihkan sambil diaduk dengan pengaduk magnet. selanjutnya larutan dituangkan ke dalam cawan porselin dan dilebur pada suhu 500 °C selama 30 menit. Padatan natrium silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) yang sudah dingin ditambahkan 200 mL akuades, diaduk dengan pengaduk magnetic stirrer dan dibiarkan semalam. Selanjutnya disaring dengan kertas saring Whatman 42. Filtrat yang diperoleh adalah larutan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  (Mujiyanti et al. 2010; Hikmawati 2010; Nurhajawarsi et al. 2018).

### 4. Pembuatan Silika Sekam Padi (SS)

Larutan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  sebanyak 20 mL ditempatkan dalam gelas kimia dan diaduk dengan pengaduk magnet sambil ditambahkan larutan HCl 3 M setetes demi setetes sampai terbentuk gel yang selanjutnya disimpan selama 24 jam. Kemudian dicuci dengan akuades panas hingga netral dan dikeringkan dalam oven pada suhu 120 °C selama 48 jam. Selanjutnya

dilakukan karakterisasi dengan FTIR dan XRD (Mujiyanti et al. 2010; Nurhajawarsi et al. 2018).

## 5. Penentuan pH, Bobot Adsorben, dan Waktu Kontak Optimum dalam Penjerapan Ion Logam Cd(II)

Penentuan parameter optimum dilakukan untuk melihat kondisi kesetimbangan dari sifat adsorbat maupun adsorben yang akan digunakan dalam penentuan isoterm adsorpsi. Adapun parameter dalam optimasi dimulai dari kesetimbangan pH, waktu kontak, dan bobot adsorben. Kondisi optimum percobaan dilakukan menggunakan Percobaan diulang dengan pH larutan (5 dan 9), waktu kontak (30, 60, 90, 120 menit), dengan bobot adsorben 0.2 gr. Kondisi optimum ditentukan dengan melihat besarnya nilai % adsorpsi pada masing-masing kondisi percobaan yang dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ Adsorpsi} = \frac{\text{Konsentrasi terjerap}}{\text{Konsentrasi awal}} \times 100\%$$

Percobaan dilakukan secara metode lompok dengan mencampurkan 20 ml limbah cair dengan masing-masing adsorben (zeolit dan silika) dalam erlenmeyer. Campuran ini dikocok pada suhu ruang dengan ragam waktu yang ditentukan menggunakan *shaker* otomatis. Ion yang tidak terekstrak dianalisis dengan FAAS.

## 6. Pengujian pendahuluan limbah cair

Sebelum dilakukan adsorpsi, limbah cair diuji dengan parameter pH dan kadar ion logam yang nantinya akan dijadikan sebagai konsentrasi awal dalam sampel.

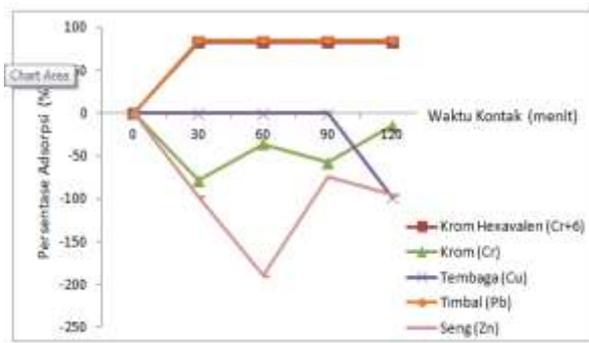
Limbah cair dihomogenkan dengan magnetik stirrer kemudian pH larutan diukur dengan pH meter. Sebanyak 20 mL diambil untuk diuji dengan FAAS untuk mengetahui konsentrasi awal.

## 7. Penentuan Kapasitas Adsorpsi dan Isoterm Adsorpsi Ion Logam

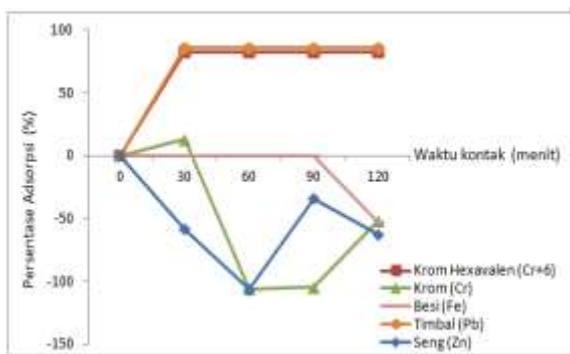
Sebanyak 20 mL limbah cair dengan ragam pH dikontakkan dengan 0.2 g masing-masing adsorben (zeolite dan silika) pada *shaker batch* menggunakan kondisi optimum. Campuran selanjutnya dipisahkan dengan sentrifus dan jumlah ion logam dalam filtrat ditentukan dengan FAAS (Modifikasi metode Djatmiko dan Amaria 2012; Javadian et al. 2014; Nurhajawarsi et al. 2018).

## HASIL DAN PEMBAHASAN:

### A. Pengaruh Waktu kontak dan pH terhadap persentase adsorpsi ion logam menggunakan adsorben sekam padi



Gambar 2. Pengaruh waktu kontak terhadap Persentase Adsorpsi (%) menggunakan adsorben sekam padi pada limbah cair smelter nikel dengan pH asam (5)



Gambar 3. Pengaruh waktu kontak terhadap Persentase Adsorpsi (%) menggunakan adsorben sekam padi pada limbah cair smelter nikel dengan pH basa (9)

Berdasarkan gambar 2 menunjukkan bahwa persentase adsorpsi menggunakan adsorben sekam padi pada pH asam (5) dimana penyerapan adsorben sekam padi dapat menyerap beberapa ion logam pada limbah cair industri smelter, dimana pada penyerapan menggunakan adsorben tersebut hanya dapat menyerap beberapa logam seperti timbal (Pb) sebesar 85,4 % dan krom heksavalen (Cr+6) sebesar 82,6 %.

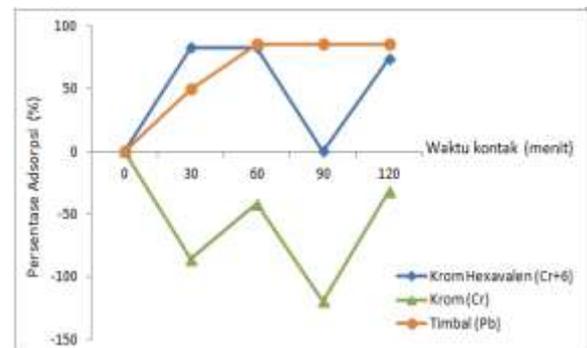
Pada gambar 3 pada pH basa (9) hanya dapat menyerap logam seperti timbal (Pb) sebesar 85,4 % dan krom heksavalen (Cr+6) sebesar 82,6 %.

Pada penelitian sebelumnya (Refilda, 2001) menggunakan adsorben sekam padi untuk menyerap logam timbal (Pb), penyerapan ion logam maksimum terjadi pada massa 1.5 gr dengan efisiensi penyerapan ion logam Pb pada pH 6 sebesar 98,74 %. Ini menunjukkan semakin besar massa sekam padi yang digunakan, maka efisiensi penyerapan terhadap ion logam semakin besar. Bertambahnya berat sebanding dengan bertambahnya jumlah partikel dan luas permukaan sehingga menyebabkan jumlah tempat mengikat ion logam juga bertambah dan efisiensi penyerapan pun meningkat. (Nurhasi, 2014).

Kemampuan penyerapan suatu adsorben dapat dipengaruhi oleh pH larutan. Hal ini berhubungan dengan protonasi atau deprotonasi permukaan sisi aktif dari sorben (Nurhasini, 2014). Menurut Riapanitra (2006), pH akan mempengaruhi muatan permukaan

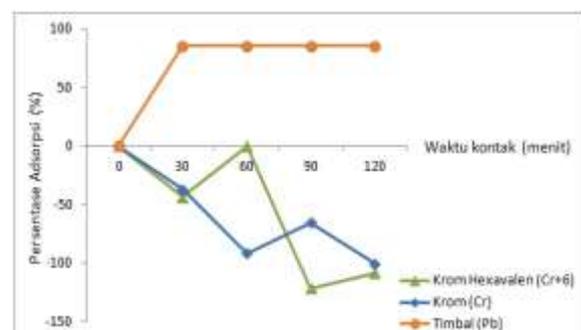
adsorben, derajat ionisasi dan spesi apa saja yang dapat terserap dalam adsorpsi tersebut. Nilai pH juga dapat mempengaruhi kesetimbangan kimia, baik pada adsorbat maupun adsorben. Dalam variasi pH ini kemungkinan ikatan kimia antara adsorben dengan adsorbat dapat terjadi.

## B. Pengaruh Waktu kontak dan pH terhadap konsentrasi ion logam menggunakan adsorben Zeolit



Gambar 4. Pengaruh waktu kontak terhadap Persentase Adsorpsi (%) menggunakan adsorben zeolit pada limbah cair smelter nikel dengan pH asam (5)

Berdasarkan gambar 4 menunjukkan bahwa persentase adsorpsi (%) menggunakan adsorben zeolit pada pH asam (5) dimana penyerapan adsorben zeolit dapat menyerap beberapa ion logam seperti timbal (Pb) sebesar 49,6 % - 85,4 % dan Krom heksavalen (Cr+6) sebesar 73,9 % - 82,6 %. Penyerapan ini lebih optimum menggunakan waktu kontak selama 60 menit.



Gambar 5. Pengaruh waktu kontak terhadap Persentase Adsorpsi (%) menggunakan adsorben zeolit pada limbah cair smelter nikel dengan pH basa (9)

Pada gambar 5 pada pH basa (9) hanya dapat menyerap logam timbal (Pb) sebesar 85,4 %.

Penyerapan ini juga dipengaruhi oleh waktu kontak, dimana Berdasarkan penelitian Nafia'ah (2016) semakin lama waktu kontak akan meningkatkan daya serap hal ini disebabkan karena semakin banyak kesempatan partikel adsorben untuk bersinggungan



dengan ion logam sehingga ion logam yang terikat dalam pori-pori adsorben semakin banyak.

Akan tetapi tidak selamanya dengan waktu kontak yang semakin lama akan menghasilkan daya serap yang optimum seperti pada penyerapan menggunakan zeolit hanya mampu menyerap pada waktu kontak 60 menit, ini menunjukkan daya adsorpsi yang diperoleh sangat kecil, hal ini dapat disebabkan karena penggunaan asam yang terlalu pekat pada proses aktivasi bioadsorben. Semakin bertambahnya asam akan meningkatkan konsentrasi ion H<sup>+</sup> dalam larutan sehingga akan berikatan dengan gugus hidroksil dalam selulosa membentuk OH<sub>2</sub><sup>+</sup>. Hal tersebut akan menyebabkan tolakan dengan ion-ion logam. Hal ini diperkuat dengan pernyataan Jayanti (2015) dengan mengemukakan bahwa semakin besar konsentrasi asam maka daya adsorpsi logam akan semakin berkurang. Hal ini dikarenakan pori-pori adsorben akan lebih cepat jenuh.

#### KESIMPULAN:

Dari hasil penelitian “Zeolit dan Silika sekam padi sebagai adsorben untuk ion logam pada limbah cair industri smelter nikel” dapat ditarik berbagai kesimpulan sebagai berikut :

1. Waktu kontak optimum yang dibutuhkan adsorben Silika Sekam Padi yaitu 30 menit dan adsorben zeolit yaitu 60 menit dalam mengadsorpsi ion logam pada limbah cair industri smelter.
2. pH larutan yang dibutuhkan adsorben untuk mengadsorpsi ion logam pada limbah cair untuk mendapatkan daya serap yang optimum adalah pH asam (5).
3. Berdasarkan kedua kondisi optimum di atas adsorben silika sekam padi dapat menyerap timbal (Pb) sebesar 85,4 %, dan Krom heksavalen (Cr+6) sebesar 82,6 % Dan adsorben Zeolit dapat menyerap timbal (Pb) sebesar 49.6 % - 85,4 %, dan Krom heksavalen (Cr+6) sebesar 73.9 % - 82,6 % yang terkandung dalam limbah cair smelter industry nikel.

#### UCAPAN TERIMA KASIH:

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Jurusan Teknik Kimia FTI-UMI yang telah menyediakan fasilitas sehingga penelitian ini bisa dikerjakan dengan baik.

#### DAFTAR PUSTAKA:

- Apriliani and Ade (2010) ‘Adsorpsi Kadmium Menggunakan Adsorben Berbasis Lumpur Instalasi Pengolahan Air Minum Yang Dinkapsulasi Dalam Agar Dan Alginate Gel’, Jakarta. UIN Syarif Hidayatullah.
- Djarmiko, R. and Amaria (2012) ‘Modifikasi Silika Gel Sekam Padi Dengan Hidroksiquinolin

Sebagai Adsorben Ni (II) Dalam Medium Air’, *UNESA J of Chem*, 1 (2), pp. 58–65.

Hikmawati (2010) *Produksi Bahan Semikonduktor Silikon Dari Silika Limbah Arang Sekam Padi Sebagai Alternatif Sumber Silikon*.

Kalaphaty U, Proctor A, S. J. (2000) ‘A Simple Method For Production of Pure Silica From Rice Hull Ash’, *Biores Technol*, 73, pp. 257–262.

Mujiyanti DR, Nuryono, K. E. (2010) ‘Sintesis Dan Karakterisasi Silika Gel Dari Abu Sekam Padi Yang Diimobilisasi Dengan 3-(Trimetoksisilil)-1-Propantioil’, *Sains dan Terapan Kimia*, 4(2), pp. 150–167.

Nurhajawarsi, Rafi M, Syafitri UD, R. E. (2018) ‘L-Histidine- Modified Silica Rice Husk And Optimization of Adsorption Condition for Extractive Concentration of Pb(II).’, *Journal of Pure and Applied Chemistry Research*, 7 (2), pp. 198–208.

Said M, Pratiwi AW, M. E. (2008) ‘Aktifasi Zeolit Alam Sebagai Adsorbent Pada Adsorpsi Larutan Iodium’, *Jurnal Teknik Kimia*, 15 (4), pp. 50–56.

Sudarmaji and J, M. (2006) ‘Toksikologi Logam Berat B3 dan Dampaknya Terhadap Kesehatan’, *Kesehatan Lingkungan*, 2 (2), pp. 129–142.

Zakharov AI, Belyakov AV, T. A. (2003) ‘Forms of Extraction of Silicon Compound in Rice’, *J Glass Ceram*, 50 (9), pp. 37–41.