

# PEMBUATAN SILIKA TERMODIFIKASI DARI SEKAM PADI SEBAGAI ADSORBEN LOGAM BERAT PADA LIMBAH CAIR

[REVIEW]

**Oktavia Safitri, Harun Alrasyid dan Kartika Udyani**

Program Studi Teknik Kimia, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya  
Email : raiya1904@gmail.com

## ABSTRAK

*Logam berat pada limbah cair yang dapat mencemari lingkungan adalah Timbal [Pb], dan Nikel [Ni]. Oleh sebab itu perlu dilakukan pengolahan limbah terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air. Pengolahan limbah cair yang mengandung logam berat dilakukan dengan metode adsorpsi, karena lebih efisien dan ekonomis. Tujuan dari review jurnal ini adalah untuk mengetahui pemanfaatan sekam padi sebagai adsorben logam berat pada limbah cair dan cara memodifikasi silika sekam padi sebagai adsorben guna meningkatkan kemampuan penyerapan logam berat dalam limbah cair. Sekam padi diabukan dengan dipanaskan sekitar suhu 750<sup>0</sup>C kemudian ditambahkan NaOH dan silika sekam padi yang terbentuk dimodifikasi dengan larutan seperti 3-aminopropil trimetoksisilana. Dari studi literatur ini dapat memberikan informasi tentang daya adsorpsi silika sekam padi termodifikasi terhadap logam berat pada limbah cair. Nilai daya serap logam berat yang terbesar pada logam Pb, dan Ni sebesar efisiensi penyerapan 98,14% , dan 99,43%.*

**Kata kunci:** Limbah Cair, Logam Berat, Silika, Sekam Padi, Adsorpsi.

## ABSTRACT

*Some heavy metals that can pollute the environment and are toxic are lead [Pb], nickel [Ni]. Waste water treatment that contains heavy metals can be done by the adsorption method, because it is more efficient and economical. The review discusses how to determine the use of rice husks as heavy metal adsorbents in liquid waste and how to modify silica rice husks as adsorbents in order to increase the ability of absorption of heavy metals in liquid waste. In this stage the method of rice husk silica by means of rice husk is heated by heating around 750<sup>0</sup>C and the rice husk silica is modified with solutions such as 3-aminopropyl trimethoxysilane. From this literature study can provide information about the adsorption power of modified rice husk silica to heavy metals in liquid waste. The order maksimum of Pb, and Ni is 98,14% absorption efficiency and 99.43%*

**Keywords :** waste water, heavy metals, silica, rice husk, adsorption

## **PENDAHULUAN**

Perkembangan industri ditandai dengan banyaknya industri yang memproduksi berbagai jenis kebutuhan manusia seperti industri kertas, tekstil, penyamak kulit, dan sebagainya. Seiring dengan pertumbuhan industri tersebut, mengakibatkan semakin banyak pula limbah. Tak sedikit limbah industri yang mengandung logam berat. Beberapa logam berat yang dapat mencemari lingkungan dan bersifat toksik adalah timbal [Pb], krom [Cr], besi [Fe], cadmium [Cd], nikel [Ni] (Harimu, Rudi, Haetami, Ayu Pratiwi Santoso, & Asriyanti, 2019).

Beberapa metode dalam pengolahan limbah diantaranya adsorpsi, pertukaran ion [ion exchange], koagulasi-flokulasi, dan pemisahan dengan menggunakan membran. Proses adsorpsi lebih banyak digunakan dalam industri karena mempunyai beberapa keuntungan, diantaranya prosesnya lebih sederhana sehingga memiliki nilai yang lebih ekonomis dari pada metode pengolahan limbah lainnya, dan tidak menimbulkan efek samping zat beracun serta mampu menghilangkan bahan-bahan organik. Adsorpsi adalah proses dimana molekul fluida [cair, gas] melekat pada permukaan padatan. Dewasa ini sedang dikembangkan penggunaan adsorben alternatif yaitu adsorben yang berasal dari alam. Salah satunya adalah pemanfaatan produk samping pertanian sebagai adsorben (Masrofah, 2017).

Sekam padi juga merupakan produk samping pertanian. Pada umumnya kadar silika dalam abu sekam padi berkisar antara 86,9-97,80%. Pemanfaatan sekam padi dalam bentuk silika telah banyak dikembangkan di Indonesia. Pada tahun 2019 Harimu, melakukan penelitian tentang variasi konsentrasi Sodium Hidroksida [NaOH] dan Asam Sulfat [H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>] untuk memurnikan silika dari abu sekam padi sebagai adsorben ion logam timbal [Pb<sup>2+</sup>] dan logam tembaga [Cu<sup>2+</sup>]. Hasil dari penelitian yang telah dilakukan oleh Harimu adalah dengan konsentrasi awal 10 ppm adalah masing-masing 96% dan

83% pada kondisi pH 6 dan massa adsorben adalah 0,1 g serta kapasitas adsorpsi masing-masing 0,96 mg/g untuk ion logam timbal [Pb<sup>2+</sup>] dan 0,83 mg/g untuk ion logam tembaga [Cu<sup>2+</sup>]. Dyah Purwaningsih, telah melakukan penelitian mengenai adsorpsi multi logam perak Ag[I], logam timbal Pb[II], logam krom Cr[III], logam tembaga Cu[II] dan logam nikel Ni[II] pada hibrida etilendiamino-silika dari abu sekam padi. Penelitian terdahulu tersebut didasari akan tingginya kandungan silika pada sekam padi sehingga dapat dimanfaatkan untuk membuat material berbasis silika. Silika memiliki sifat adsorpsi dan pertukaran ion yang baik. Silika mampu digunakan sebagai adsorben karena memiliki gugus silanol [Si-OH] dan gugus siloksan [Si-O-Si] serta memiliki pori-pori yang luas dan luas permukaan yang khas (Purwaningsih, 2016).

Perlu adanya suatu kajian lebih lanjut guna meningkatkan kemampuan silika sekam padi dalam menyerap logam berat pada limbah cair. Berdasarkan latar belakang tersebut maka akan dibahas mengenai pembuatan silika termodifikasi dari sekam padi sebagai adsorben logam berat timbal [Pb], pada limbah cair.

## **ADSORPSI**

Metode Adsorpsi adalah salah satu alternatif untuk menghilangkan kadar logam yang terbawa oleh air, udara maupun tanah. Pengertian adsorpsi sendiri adalah proses yang terdiri atas reaksi-reaksi permukaan zat padat atau disebut adsorben dengan zat pencemar atau disebut. Adsorpsi pada umumnya terdapat 2 jenis tipe yaitu adsorpsi fisika atau (*physisorption*) dan kimia atau (*chemisorption*). Adsorpsi (*chemisorption*) terjadi dari hasil interaksi kimia antara permukaan adsorbat dan adsorben. Sedangkan adsorpsi (*physisorption*) terjadi akibat adanya gaya Van der Waals dan gaya elektrostatis antara atom penyusun adsorben dan molekul adsorbat. Adsorben adalah zat penyerap, sedangkan adsorbat adalah zat yang diserap. Silika merupakan salah satu bahan kimia berbentuk padatan yang banyak dimanfaatkan

sebagai adsorben. Hal ini disebabkan karena pada permukaan silika gel terdapat dua jenis gugus yaitu gugus silanol (-SiOH) dan gugus siloksan (Si-O-Si). Gugus siloksan terdiri dari dua macam yaitu siloksan rantai lurus sangat reaktif dengan logam alkali dan siloksan yang membentuk struktur lingka yang dapat mengadakan kemisorpsi dalam air (Masrofah, 2017).

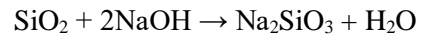
### MODIFIKASI SILIKA SEKAM PADI

Silika merupakan bahan kimia berbentuk padatan yang dimanfaatkan sebagai adsorben. Beberapa kelebihan yaitu : kemampuan inert, hidrofilik, mempunyai kestabilan termal dan mekanik. Kualiatas yang berkaitan dengan pemanfaatannya ditentukan oleh berbagai faktor, yaitu struktur internal, ukuran partikel, porositas, luas permukaan, ketahanan dan polaritasnya. Sifat sebagai penjerap yang disebut juga sifat adsorptif adalah karena adanya situs aktif pada permukaan. Walaupun mempunyai berbagai kelebihan, ternyata silika gel juga mempunyai beberapa kelemahan. Kelemahan tersebut adalah karena pada silika gel jenis situs aktif hanya berupa gugus silanol [-SiOH] dan siloksan [Si-O-Si]. Gugus silanol ini mempunyai sifat keasaman yang rendah, disamping mempunyai oksigen sebagai atom donor yang sifatnya lemah. Dalam rangka memperbaiki sifat dan untuk perluasan pemanfaatan, maka perlu dilakukan proses modifikasi (Sulastrri & Kristianingrum, 2015).

Pada proses modifikasi dilakukan dengan bahan dasar pembentuk silika gel, sebagai silika prekursor dapat dipakai senyawa silikat anorganik maupun organosilan. Proses modifikasi dilakukan pada saat pembentukan gel. Modifier yang digunakan seeperti Merkaptopropiltrimetoksisilan [MPTS] untuk mendapatkan gugus merkapto atau -SH sebagai pengganti -Si-OH. Aminopropiltrimetoksisilan [APTS] untuk mendapatkan gugus amino atau -NH<sub>2</sub> sebagai pengganti -Si-OH. Kloropropiltrimetoksisilan [CPTS] untuk mendapatkan gugus kloro atau -Cl sebagai pengganti -Si-OH. Modifier yang bukan pereaksi silan, seperti asam -1 amino 2 hidroksi 4 naftalena disulfonat. Pada proses modifikasi dengan pereaksi ini memerlukan pereaksi silan lain sebagai perantara atau jembatan penghubung. Untuk kepentingan ini biasanya dipakai

glisidoksi propiltrimetoksisilan [GPTMS] (Sulastrri & Kristianingrum, 2015).

Pembuatan Silika sekam padi disintesis dengan metode sol-gel dari prekursor natrium silikat. Proses pengabuan abu sekam padi dengan meningkatkan suhu yang bertahap pada suhu 400 °C selama 2 jam dan diteruskan pada suhu 750 °C selama 4 jam bertujuan untuk memperoleh silika yang lebih murni. Pelarutan material organik dan pengurangan bahan asing berupa oksida-oksida logam dilakukan dengan mencuci abu sekam padi dengan HCl 6M. Dari 40 gram abu, diperoleh ±20 gram abu sekam padi bersih yang kemudian ditambahkan ±250 mL NaOH 4M (secara stoikiometri). Larutan dibiarkan mendidih hingga setengah volume awal untuk menguapkan molekul-molekul air yang juga dihasilkan dalam reaksi. Peleburan pada suhu 500 °C selama 30 menit akan menghasilkan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> berupa padatan putih kehijauan dan reaksi pembentukan Natrium silikat dibawah ini



Pada suhu yang tinggi, NaOH meleleh dan terdisosiasi sempurna membentuk Na<sup>+</sup> dan OH<sup>-</sup>, atom O pada SiO<sub>2</sub> memiliki keelektronegatifan yang lebih tinggi sehingga akan lebih elektropositif dan terbentuk intermediet [SiO<sub>2</sub>OH]<sup>-</sup> yang tidak stabil. Dalam hal ini terjadi dehidrogenasi dan OH<sup>-</sup> yang kedua akan berikatan dengan hydrogen membentuk air. Dua ion Na<sup>+</sup> akan menyeimbangkan muatan negatif yang terbentuk dan berinteraksi dengan ion SiO<sub>3</sub><sup>2-</sup> sehingga terbentuk Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> (Nurhajawarsi, 2016).

Sintesis silika gel dilakukan dengan menambahkan HCl 3M setetes demi setetes ke dalam larutan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>. Hasil reaksi larutan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> (400 mL) dengan HCl 3M menghasilkan alkogel yang akan mengalami sinerisis bila didiamkan dan menjadi hidrogel. Hidrogel yang dicuci dan dipanaskan pada akhirnya akan membentuk xerogel berupa padatan putih sebanyak ±25 gram. Penambahan HCl menyebabkan terjadinya protonasi gugus Si-O- menjadi Si-OH. Gugus silanol diserang oleh gugus siloksi dengan bantuan katalis asam untuk membentuk ikatan siloksan (Si-O-Si). Proses ini terjadi cepat dan terus menerus membentuk jaringan silika amorf. Tahap ini menjadi sangat penting sebelum memodifikasi silika.

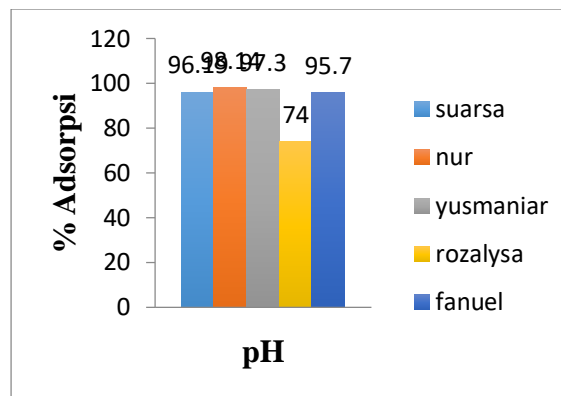


Pembuatan hibrida amino silika dilakukan melalui proses sol gel dengan menambahkan larutan (3-aminopropil trimetoksisilan pada larutan natrium silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) yang berasal dari hasil peleburan abu sekam padi. Campuran tersebut kemudian diasamkan dengan menambahkan larutan HCl 3M tetes demi tetes sampai pH 7. kadar Si dari silika gel yang dibuat dengan HCl lebih besar dibandingkan dengan silika gel yang dibuat dari asam lain seperti asam oksalat dan asam sitrat (Julita Manuhutu, dkk., 2019). Pada akhir tahap ini akan terbentuk akuagel, yaitu gel yang poriporinya masih mengandung air. Akuagel kemudian dicuci dengan menggunakan akuademineralisasi untuk menghilangkan garam NaCl yang kemungkinan terjebak dalam pori-pori silika. Akuagel kemudian dikeringkan dalam oven pada temperatur  $70^\circ\text{C}$ .

Tahap selanjutnya menentukan pH optimum dan % adsorpsinya dengan cara sebanyak 10 mL larutan ion logam Ni, 100 mL larutan ion logam Pb. Dicampur dengan 100 gram adsorben silika gel dan amino silika. Diatur keasamannya pada pH optimal dimasukkan kedalam masing-masing erlenmeyer. Selanjutnya larutan dikocok dengan shaker selama 30 menit. Kemudian disaring. Konsentrasi ion logam yang tersisa dalam larutan ditentukan dengan AAS, dan jumlah ion logam yang teradsorpsi dihitung dari selisih jumlah logam sebelum dan sesudah adsorpsi.

#### A. Modifikasi Silika Sekam Padi Sebagai Adsorben pada Logam Berat Pb

Pembuatan hibrida amino silika dilakukan melalui proses sol gel dengan menambahkan larutan (3-aminopropil trimetoksisilan pada larutan natrium silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) yang berasal dari hasil peleburan abu sekam padi. Para peneliti terdahulu seperti Suarsa, Nur, Yusmaniar, Rosalyza, dan Fanuel telah menggunakan larutan (3-aminopropil trimetoksisilan sebagai bahan modifikasi silika sekam padi guna menurunkan kadar logam Pb. Hasil penelitian tersebut dapat dilihat pada grafik-1.



Grafik-1: Hubungan antara pH larutan terhadap % Adsorpsi Logam Pb

Menurut (Suarsa, M.Si, 2016) penentuan pH dalam adsorpsi logam  $\text{Pb}^{2+}$  oleh silika sekam padi termodifikasi (3-aminopropil) trimetoksisilana didapatkan pH optimum 5 yaitu ion logam Pb yang terserap sebesar 94,32%. Pada grafik IV.1 dapat dilihat pengaruh pH terhadap % adsorpsi ion logam Pb. Jumlah ion logam Pb(II) yang teradsorpsi oleh silika sekam padi termodifikasi (3-aminopropil) trimetoksisilana pada pH 3, 5, 9 adalah 94,32%, 96,19% dan 92,3%. Semakin naik pH maka adsorpsi terhadap logam Pb semakin berkurang. Hal ini dikarenakan senyawa (3-aminopropil) trimetoksisilana yang tidak larut dalam pelarut air pada kondisi asam, tetapi sudah mulai larut jika pH larutan sudah diatas 2. Karena adanya fraksi terlarut dari aminopropiltrimetoksisilan, maka interaksi aminopropiltrimetoksisilandengan ion logam tidak semata-mata mengalami adsorpsi fraksi tak larut, tetapi juga interaksi pembentukan kompleks antara fraksi terlarut aminopropiltrimetoksisilan, sehingga pada pH 5 gugus-gugus fungsi dari aminopropiltrimetoksisilan lebih banyak tersedia untuk berinteraksi dengan logam, sedangkan pada pH diatas 5 ionisasi ion-ion logam cenderung akan turun dan membentuk kompleks hidroksi dengan ikatan yang kuat, sehingga sulit diikat oleh gugus aminopropiltrimetoksisilan. Pada pH 5 banyak tersedia Gugus fungsi tiol ( $-\text{SH}$ ) sehingga lebih banyak logam Pb(II) yang teradsorpsi, sedangkan pada pH diantara 7-9 ion logam mulai terhidrolisis sehingga terbentuk hidroksida logam, selain itu juga permukaan adsorben bermuatan negatif, akibatnya terjadi tolakan antara permukaan adsorben dan spesies ion logam, sehingga proses adsorpsi menjadi berkurang. Pada pH yang tinggi,

jumlah ion OH meningkat dan menyebabkan ligan permukaan cenderung terdeprotonasi sehingga pada saat yang sama terjadi kompetisi antara ligan permukaan dengan ion OH untuk berikatan dengan kation logam (Suarsa, 2016).

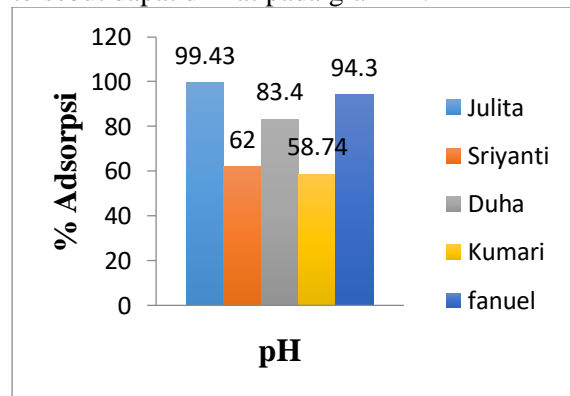
Menurut (Nurhajawarsi, 2016) dimana dalam jurnal ini modifikasi silika sekam padi menggunakan (3-aminopropil) trimetoksisilana kondisi optimum adsorpsi logam Pb didapatkan pH 5 optimum, yang mengandung asam. Hal ini dikarenakan pada pH yang terlalu asam maka permukaan adsorben diselubungi oleh ion  $H^+$  karena gugus fungsi yang terdapat pada adsorben terprotonasi, mengakibatkan ion-ion  $H^+$  menghalangi interaksi ion Pb dengan permukaan silika sekam padi. Selain itu, permukaan adsorben bermuatan positif menyebabkan terjadi tolakan antara permukaan adsorben dengan ion Pb, sehingga adsorpsi silika sekam padi menjadi rendah. Jumlah ion logam Pb(II) yang teradsorpsi oleh silika sekam padi termodifikasi (3-aminopropil) trimetoksisilana pada pH 3, 5, 8 adalah 87,6%, 98,14% dan 88,5%. Silika sekam padi dalam penyerapan logam Pb dalam penelitian ini 98,14%. Hal ini, adsorpsi ion logam terjadi melalui pengikatan ion logam dan gugus imidazol pada histidina. sehingga Pb lebih mudah berinteraksi dengan silika sekam padi(3-aminopropil) trimetoksisilana. Logam Pb memiliki jari-jari atom besar, sehingga semakin lemah kemampuan ion Pb menarik molekul air di sekitarnya. Lemahnya kemampuan Pb dalam menarik molekul air menyebabkan jari-jari hidrasinya menjadi lebih kecil dan pergerakan ion Pb dalam air makin cepat, sehingga lebih mudah untuk berinteraksi dengan permukaan adsorben.

Menurut (Yusmaniar, 2017) pH memiliki peranan penting dalam proses adsorpsi karena pH rendah dapat menyebabkan permukaan adsorben dikelilingi oleh ion  $H^+$  sehingga mengakibatkan kontak tolak-menolak dengan ion  $Pb^{2+}$ . Pada penelitian yang telah dilakukan oleh yusmaniar pada pH 3,5,dan 8 adalah 82,6%, 97,3% dan 96,4%. Kondisi pH yang tinggi mampu mengurangi kemampuan adsorben karena ion logam mulai terhidrolisis sehingga terbentuk hidroksida logam, selain itu juga permukaan adsorben bermuatan negatif.

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Rosalysa pada tahun 2019, kondisi pH yang digunakan adalah terdapat pada pH 6 dengan persen *removal* logam Pb sebesar 74%. Sedangkan penelitian yang telah dilakukan oleh Fanuel pada tahun 2015, kondisi pH yang digunakan adalah terdapat pada pH 5 dengan persen *removal* logam Pb sebesar 95,7%. Hal ini semakin menguatkan pendapat para peneliti sebelumnya jika pH optimum untuk menyerap logam Pb dengan menggunakan modifikasi (3-aminopropil) trimetoksisilana terletak pada kondisi pH 5.

**B. Modifikasi Silika Sekam Padi Sebagai Adsorben pada Logam Berat Ni**

Pembuatan hibrida amino silika dilakukan melalui proses sol gel dengan menambahkan larutan (3-aminopropil trimetoksisilana pada larutan natrium silikat ( $Na_2SiO_3$ ) yang berasal dari hasil peleburan abu sekam padi. Para peneliti terdahulu seperti Julita, Sriyanti, Duha, Kumari dan Fanuel telah menggunakan larutan (3-aminopropil trimetoksisilana sebagai bahan modifikasi silika seka padi guna menurunkan kadar logam Ni. Hasil penelitian tersebut dapat dilihat pada grafik-2.



**Grafik-2:** Hubungan antara pH larutan terhadap % Adsorpsi Logam Ni

Menurut (Julita, 2016) pada jumlah ion logam Ni yang teradsorpsi oleh silika sekam padi termodifikasi (3-aminopropil) trimetoksisilana pada pH 3, 4, dan 5, adalah 92,2%, 93,8% dan 99,43%. Kemampuan adsorpsi maksimum Ni pada hibrida amino silika terjadi antara pH 3-5. Pada kisaran pH ini, gugus amino ( $-NH_2$ ) pada struktur hibrida amino silika akan terprotonasi membentuk gugus amonium ( $-NH_3^+$ ) dan ion Ni Muatan berlawanan yang dimiliki oleh adsorben dengan adsorbat menyebabkan terjadinya interaksi antara adsorben dan ion

Ni. Ion Nikel dapat teradsorpsi melalui interaksi ionik maupun reaksi kompleksasi. Dalam penelitian ini adsorpsi dilakukan dalam medium air sehingga memiliki kecenderungan membentuk kompleks akua oktahedral  $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$

Menurut, (Sriyanti, 2016) jumlah ion logam Ni yang teradsorpsi oleh silika sekam padi termodifikasi (3-aminopropil) trimetoksisilana pada pH 3, dan 7, adalah 42% dan 62%. Menunjukkan bahwa amino-silika dengan pH gelas 7 memberikan kapasitas adsorpsi jauh lebih tinggi dibanding adsorben lainnya. Hal ini kemungkinan mendukung asumsi sebelumnya menurut aturan Pearson, bahwa interaksi Ni (II) dengan padatan adalah interaksi kimia, yaitu interaksi asam-basa. Di samping itu juga mendukung karakteristik sebelumnya, bahwa pH gelas 7 lebih mendukung keberhasilan imobilisasi amino dalam silika melalui proses sol-gel.

Menurut, (Duha, 2020) ) jumlah ion logam Ni yang teradsorpsi oleh silika sekam padi termodifikasi (3-aminopropil) trimetoksisilana pada pH 3, dan 6, adalah 80,2% dan 83,4%. Pada kondisi pH larutan yang tinggi mengakibatkan adsorben dikelilingi oleh ion negatif sehingga mampu menarik logam Ni.

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Kumari pada tahun 2015, kondisi pH yang digunakan adalah terdapat pada pH 6 dengan persen *removal* logam Pb sebesar 58,74%. Pada pH 6, ion  $\text{Ni}^{2+}$  diendapkan karena anion hidroksida membentuk endapan hidroksida nikel. Kondisi larutan dengan pH 6 telah memiliki ion dengan muatan negatif sehingga menghasilkan interaksi elektrostatik dengan ion positif pada Ni. Sedangkan penelitian yang telah dilakukan oleh Fanuel pada tahun 2015, kondisi pH yang digunakan adalah terdapat pada pH 5 dengan persen *removal* logam Ni sebesar 94,3%. Hal ini semakin menguatkan pendapat para peneliti sebelumnya jika pH optimum untuk menyerap logam Ni dengan menggunakan modifikasi (3-aminopropil) trimetoksisilana terletak pada kondisi pH 5.

## KESIMPULAN

Kondisi pH optimum pada pH 5 dan nilai % logam Adsorpsi terbesar pada logam Pb yaitu sebesar 98,14% yang telah dilakukan oleh

Nurhajawarsi pada tahun 2016 adalah dan untuk logam Nikel Adsorpsi terbesar pada logam Nikel yaitu sebesar 99,43% yang telah dilakukan oleh Julita pada tahun 2019. Pada grafik 4.3 dapat diketahuui bahwa modifikasi silica sekam padi dengan menggunakan modifikasi (3-aminopropil) trimetoksisilana mampu mengadsorpd logam Pb rata-rata sebesar 92,26% dan logam Nikel rata-rata sebesar 79,57% sehingga dalam modifikasi menggunakan aminopropiltrimetoksisilan lebih bagus daya adsorpsi pada logam Pb dibandingkan dengan logam Ni. Hal ini kemungkinan mendukung asumsi sebelumnya menurut aturan Pearson, bahwa interaksi Pb dengan padatan adalah interaksi kimia, yaitu interaksi asam-basa. Selain itu, permukaan adsorben bermuatan positif menyebabkan terjadi tolakan antara permukaan adsorben dengan logam Ni, sehingga adsorpsi silika sekam padi menjadi rendah

## DAFTAR PUSTAKA

- Harimu, L., Rudi, L., Haetami, A., Ayu Pratiwi Santoso, G., & Asriyanti, A. (2019). Studi Variasi Konsentrasi NaOH dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Untuk Memurnikan Silika Dari Abu Sekam Padi Sebagai Adsorben Ion Logam Pb<sup>2+</sup> dan Cu<sup>2+</sup>. *Indo. J. Chem. Res.*, 6(2), 81–87.  
<https://doi.org/10.30598/ijcr.2019.6-lah>
- Masrofah. (2017). Kajian Pemanfaatan Silika dari Sekam Padi dalam Pengolahan Limbah Tekstil. *Jurnal Media Teknik Dan Sistem Industri*, 1, 60.  
<https://doi.org/10.35194/jmtsi.v1i0.61>
- Purwaningsih, D. (2016). Adsorpsi Multi Logam Ag ( I ), Pb ( II ), Cr ( III ), Cu ( II ) Dan Ni ( II ) Pada Hibrida Etilendiamino-Silika Dari Abu. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan Dan Penerapan MIPA*, (1), 264–271.
- Suarsa, D. I. W., & Si, M. (2016). *Adsorpsi Logam Berat Pb ( II ), Cr ( VI ), Zn ( II ), Cd ( II ), Cu ( II ) Dan Ni ( II ) Dengan Abu Sekam Padi*.
- Sulastri, S., & Kristianingrum, S. (2015). Berbagai Macam Senyawa Silika : Sintesis, Karakterisasi dan Pemanfaatan. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan Dan Penerapan MIPA*, 211–216.