

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Limbah industri adalah segala jenis bahan buangan atau sisa hasil dari proses produksi di sektor industri. Berdasarkan bentuk dan sifatnya, limbah dapat dibagi menjadi empat kelompok utama, yaitu limbah padat, limbah cair, limbah organik, dan limbah anorganik. Salah satu contoh limbah padat adalah limbah pasir silika dari proses *Sandblasting*.

Sandblasting merupakan metode pembersihan permukaan material dengan cara menembakkan partikel pasir atau pasir silika secara bertekanan, sehingga terjadi gesekan atau tumbukan yang membuat permukaan menjadi bersih dan kasar. Proses ini menghasilkan limbah padat pasir silika hingga sekitar 70% dari material yang digunakan. PT DOK Lamongan adalah salah satu perusahaan yang menghasilkan limbah pasir silika dari kegiatan *Sandblasting*, dengan jumlah mencapai sekitar 2.400 ton setiap bulan. Saat ini, limbah tersebut belum dikelola dan hanya dibuang di sekitar area perusahaan tanpa dimanfaatkan lebih lanjut.

Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki industri perkapalan yang berkembang di hampir seluruh garis pantai. Untuk menjaga kondisi kapal dari korosi, salah satu perawatan yang dilakukan adalah *Sandblasting*. Namun, pasir yang digunakan akan menjadi limbah jika tidak didaur ulang. Limbah *Sandblasting* tergolong limbah B3 karena mengandung logam berat seperti Cr, Cu, Pb, dan Zn. Kandungan Cu dalam limbah *Sandblasting* masih berada di bawah ambang batas baku mutu, sedangkan kandungan Pb dan Zn telah melebihi batas yang ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah No. 101 Tahun 2014.

Selain kandungan logam berat yang melebihi baku mutu, masalah lain yang timbul dari limbah *Sandblasting* adalah penumpukannya yang cukup besar. Beberapa penelitian pada berbagai jenis industri menunjukkan adanya akumulasi limbah *Sandblasting* dalam jumlah signifikan. Misalnya, di salah satu perusahaan galangan kapal, volume limbah yang dihasilkan mencapai sekitar 12.100 kg per bulan atau 36.300 kg dalam kurun waktu tiga bulan. Sementara itu, sebuah pabrik konstruksi baja di Kabupaten Serang, Banten menghasilkan limbah *Sandblasting* sekitar 500 kg setiap bulannya [1].

Limbah *Sandblasting* berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk proses ekstraksi silika. Silika dapat diperoleh dari berbagai sumber alami, baik yang bersifat biologis maupun nonbiologis. Sumber biologis meliputi limbah pertanian seperti abu sekam padi, ampas kelapa, dan abu *Bagasse* tebu. Sedangkan sumber nonbiologis mencakup pasir pantai serta limbah batu bara, misalnya lumpur abu terbang [2].

Proses ekstraksi merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengambil silika dari pasir limbah *Sandblasting*. Pada metode ini, digunakan bahan aktif sebagai pelarut untuk memisahkan silika secara efisien sehingga diperoleh hasil yang berkualitas. Dalam ekstraksi silika dari limbah *Sandblasting*, terdapat dua jenis pelarut yang digunakan, yaitu NaOH dan KOH, keduanya termasuk pelarut dengan sifat basa kuat [3].

Silika mesopori banyak dimanfaatkan sebagai adsorben karena memiliki struktur pori menyerupai sarang lebah, volume pori yang besar, serta luas permukaan yang dapat mencapai 1.000 m²/g, dan relatif mudah diproduksi secara industri. Namun, silika mesopori murni memiliki kelemahan berupa kapasitas dan selektivitas adsorpsi yang rendah. Untuk meningkatkan kinerjanya sebagai adsorben, material ini dapat dimodifikasi dengan penambahan gugus fungsi amino [4].

Pada proses modifikasi silika mesopori menggunakan amina sebagai adsorben, terdapat beberapa jenis amina yang sering digunakan oleh peneliti terdahulu. Pada metode *Impregnating*, amina yang sering digunakan antara lain *Diethanolamine* (DEA), *Tetraethylenepentamine* (TEPA) and *Methyldiethanolamine* (MDEA) yang dilakukan tanpa terminasi silana [5]. Sementara, pada metode *Grafting*, amina yang sering digunakan antara lain adalah *(3-Aminopropyl)trimethoxysilane* (APTMS) dan *(3-Aminopropyl)triethoxysilane* (APTES) [6].

Telah dilakukan beberapa penelitian mengenai metode *Amine-Grafting* pada silika sebagai adsorben, berikut merupakan penjabarannya:

Tabel 1.1. Penelitian terdahulu

Judul, Peneliti, Tahun Terbit	Variabel	Metode penelitian	Hasil penelitian
<i>Thermally Stable Amine-Grafted Adsorbent Prepared by Impregnating 3</i> -	Konsentrasi APTES dalam pelarut etanol/air (40,	<i>Modified Grafting Method</i>	Konsentrasi optimum impregnasi APTES adalah 70 wt %. Mengganti etanol

<p><i>Aminopropyltriethoxysilane on Mesoporous Silica for CO₂ Capture</i> (Quang, et al., 2016) [7]</p>	<p>50, 60, 70, dan 80 wt %)</p>		<p>dengan air sebagai pelarut encer membantu meningkatkan efisiensi fungsionalisasi sebesar 12 wt % dan meningkatkan pemuatan CO₂ dari 77,0 menjadi 80,4 mg/g.</p>
<p><i>Amine-Functionalized Mesoporous Silica Adsorbent for CO₂ Capture in Confined-Fluidized Bed: Study of the Breakthrough Adsorption Curves as a Function of Several Operating Variables</i> (Girimonte, et al., 2022) [8]</p>	<p>Konsentrasi APTES dalam pelarut etanol/air (10, 20, 40 w/w %)</p>	<p><i>Modified Grafting Method</i></p>	<p>APTES20 menunjukkan potensi tertinggi sebagai penyerap dalam proses penangkapan CO₂ berkelanjutan dari aliran gas buang.</p>
<p><i>CO₂ Adsorption By Amine-Functionalized MCM-41: A Comparison Between Impregnation And Grafting Modification Methods</i> (Rao, et al., 2018) [9]</p>	<p>Konsentrasi APTS (30, 40, 50 wt %)</p>	<p><i>Grafting Method</i></p>	<p>Kapasitas adsorpsi optimum dan laju adsorpsi sebesar 2,41 mmol/g dan 0,0062 mmol/s diperoleh pada 50%APTS-MCM-41.</p>
<p><i>Evaluation of the Thermal Regeneration of an Amine-Grafted Mesoporous Silica Used For CO₂/N₂</i></p>	<p>Silika Grafted dengan Amine dan Pure Silica</p>	<p><i>Grafting Method</i></p>	<p>Silika mesopori yang di-Grafting dengan APTES terbukti efisien dalam menangkap CO₂</p>

<i>Separation</i> (Santiago, et al., 2019) [10]			dalam skenario pasca pembakaran.
<i>Spherical Amine Grafted Silica Aerogels for CO₂ Capture</i> (Jiang, et al., 2020) [11]	Waktu <i>Grafting</i> (1, 3, 5, dan 7 hari)	<i>Grafting Method</i>	Sampel SASA-3 memiliki kapasitas adsorpsi CO ₂ tertinggi, yaitu 1,56 mmol/g, sedangkan sampel SASA-7 memiliki kapasitas adsorpsi CO ₂ terendah, yaitu 0,45 mmol/g.
Sintesis Silika Gel dari Abu Bagasse Sebagai Adsorben CO ₂ (Rahman, 2022) [12]	Luas permukaan silika (524 (S1); 620 (S2); 652 (S3) dan 656 (S4) m ² /g)	<i>Post Grafting</i>	Jumlah gugus amine terbanyak pada permukaan silika adalah 1,947mmol γ -aminopropil/gram silika pada S4.
<i>Template Removal from SBA-15 by Ionic Liquid for Amine Grafting: Applications to CO₂ Capture and Natural Gas Desulfurization</i> (Wang and Yang, 2020) [13]	Jenis silika (SBA-15-cal, SBA-15-IL)	<i>Grafting</i>	Jumlah loading amine pada SBA-15-cal sebanyak 2,2 mmol/g.
<i>Amine-Functionalized Mesoporous Silica: A Material Capable Of CO₂ Adsorption And Fast Regeneration By Microwave Heating</i> (Nigar et al, 2016) [14]	Jenis amina yang digunakan (mono-, di-, tri- <i>Amine Silane Agent</i>)	<i>Grafting</i>	Jumlah loading amine pada <i>Mono-Amine Silace Agent</i> sebanyak 2,05 g/g.

<p><i>APTES grafted ordered mesoporous silica KIT-6 for CO₂ adsorption</i> (Kishor and Ghoshal, 2015) [15]</p>	<p>Konsentrasi APTES yang digunakan dalam mmol/g (7, 9, dan 11 mmol/g) dan jumlah air pada <i>Grafting</i> basah (15, 20, 25 mL)</p>	<p><i>Dry Grafting and Aqueous Grafting</i></p>	<p>Jumlah <i>Loading Amine</i> pada konsentrasi APTES 11 mmol/g adalah yang terbesar, yaitu 1,72 mmol/g. Jumlah <i>Loading Amine</i> terbesar pada <i>Grafting</i> basah adalah dengan penambahan 25 mL air, yaitu 2,67 mmol/g.</p>
---	--	---	---

Berdasarkan penelitian terdahulu, sebagian besar sumber silika yang digunakan dalam modifikasi adsorben merupakan sintesis silika yang berasal dari *Pluronic 123* atau *Sodium Silicate Solution (2.5SiO₂·Na₂O)*. Sedangkan silika yang bersumber dari limbah bahan alam, seperti *Bagasse* tebu dan sekam padi lebih banyak digunakan dalam penelitian modifikasi adsorben untuk logam berat. Sementara penelitian untuk penggunaan limbah *Sandblasting* sendiri sering kali lebih berfokus pada kegunaan pasir *Sandblasting* sebagai bahan campuran material. Oleh karena itu, peluang penggunaan limbah *Sandblasting* sebagai sumber silika untuk adsorben cukup besar.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui potensi limbah *Sandblasting* sebagai sumber silika yang digunakan sebagai adsorben dalam proses adsorpsi menggunakan metode *Grafting* dengan membandingkan variasi jenis pelarut dan jumlah volume amina yang digunakan. Hasil penelitian ini digunakan sebagai tambahan referensi dalam menentukan kombinasi optimal jenis pelarut dan volume APTES yang digunakan dalam pembuatan adsorben silika termodifikasi dengan mengamati jumlah muatan amina yang berhasil di-*Grafting*.

1.2. Perumusan Masalah

Perumusan masalah untuk penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Penggunaan pelarut manakah diantara etanol 99%, air, toluena 99% yang dapat meningkatkan efisiensi dari modifikasi adsorben pasir silika?
- Berapa jumlah APTES (1, 2, 3, 4, dan 5 mL) yang paling efisien dalam modifikasi adsorben pasir silika?

1.3. Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian adalah sebagai berikut:

- Mengetahui jenis pelarut yang dapat meningkatkan efisiensi dari modifikasi adsorben pasir silika diantara etanol 99%, air, dan toluena 99%.
- Mengetahui jumlah APTES yang paling efisien dalam modifikasi adsorben pasir silika.

1.4. Luaran yang Diharapkan

Luaran yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah artikel yang diterbitkan pada jurnal.

1.5. Kegunaan

Hasil dari penelitian ini berguna bagi berbagai pihak, yaitu penulis, pembaca, institut, dan industri. Penelitian ini memberikan wawasan mengenai penggunaan limbah *Sandblasting* yang dapat digunakan sebagai adsorben yang dapat diaplikasikan untuk membantu mengurangi polusi yang dihasilkan dari berbagai industri. Manfaat lain yang didapat dari penelitian ini adalah menambah nilai ekonomis pasir silika yang telah digunakan dalam proses *Sandblasting*.