

## Rancang Bangun Autoklaf untuk Konversi Bahan Zeolit Alam Menjadi Katalis

Yunita Sari<sup>\*1</sup>, Desty Marisa<sup>\*2</sup>

<sup>1,2</sup>Teknologi Kimia Industri, Politeknik Negeri Sriwijaya, Indonesia  
Email: <sup>1</sup>[yunitasari@gmail.com](mailto:yunitasari@gmail.com), <sup>2</sup>[desty.marisabs@gmail.com](mailto:desty.marisabs@gmail.com)

### Abstrak

Alat autoklaf banyak ditemukan di laboratorium, yang biasanya digunakan sebagai alat sterilisasi alat. Namun, tidak banyak jenis alat autoklaf berpengaduk yang dapat digunakan untuk proses kimia tertentu. Oleh sebab itu, muncul permasalahan untuk menemukan alat proses yang dapat digunakan dalam kondisi temperatur di atas 100°C dan tekanan di atas 1 atmosfer. Dalam penelitian ini dilakukan rancang bangun alat autoklaf dengan spesifikasi tersebut. Dirancang berbentuk tabung dengan penutup, dan berbahan *stainless steel*. Sumber panas autoklaf didapat dari bahan kumparan kawat tembaga yang dialiri arus listrik. Komponen pengaduk dirancang bertipe jangkar dan terbuat dari bahan pelat besi. Metode penelitian meliputi uji fungsi kemampuan autoklaf untuk mengkonversi zeolit alam yang ditambah bahan kimia berupa NaOH dengan pH 13 dan ditambahkan aquades, di mana perbandingannya adalah 1/3 pada tiap-tiap bahan. Hasil penelitian menunjukkan lama waktu pemanasan pada alat autoklaf sangat mempengaruhi reaksi konversi bahan padat silika menjadi katalis ZSM-5, di mana waktu reaksi dalam autoklaf di atas 8 jam adalah waktu yang tepat untuk mendapatkan hasil produk dengan nilai Si/Al mendekati 30% sesuai dengan spesifikasi katalis ZSM-5. Serta tidak ditemukan kebocoran pada alat ini, karena proses pemanasan dan pengadukan dilakukan secara bertahap, sehingga memudahkan alat untuk berjalan stabil dan optimal.

**Kata kunci:** *autoklaf berpengaduk, konversi katalis, zeolit alam.*

### *Design of Autoclave for Natural Zeolite Convert into Catalyst*

#### *Abstract*

*Autoclaves were often found in laboratories, which were usually used as a means of sterilizing equipment. However, there were not many types of stirred autoclaves that could be used for certain chemical processes. Therefore, the problem arose of finding process equipment that could be used in conditions of temperatures above 100°C and pressures above 1 atmosphere. In this research, an autoclave was designed with these specifications. Designed in the form of a tube with a lid, and made from stainless steel. The heat source for the autoclave was obtained from a coil of copper wire that carried an electric current. The stirrer component was designed as an anchor type and made from iron plate. The research methods included testing the capability to convert natural zeolite which was added with chemicals in the form of NaOH with a pH of 13 and distilled water, where the ratio was 1/3 for each ingredient. The results of the research showed that the length of heating time in the autoclave greatly influenced the conversion reaction of solid silica material into ZSM-5 catalyst, where the reaction time in the autoclave more than 8 hours was the right time to obtain product yields with Si/Al values approaching 30% in accordance with ZSM-5 catalyst specifications. And there were no leaks found in this tool, because the heating and stirring process was carried out in stages, making it easier for the tool to run stably and optimally.*

**Keywords:** *autoclave with stirrer, catalyst converting, natural zeolite*

## 1. PENDAHULUAN

Autoklaf dikenal sebagai alat untuk mensterilkan berbagai macam alat dan bahan yang digunakan dalam mikrobiologi menggunakan uap air panas bertekanan. Autoklaf juga disebut dengan sterilisasi basah. Peralatan yang digunakan perlu disterilisasi agar pada saat kontak dengan produk, tidak menyebabkan kontaminasi. Sebelum digunakan autoklaf terlebih dahulu divalidasi untuk membuktikan bahwa autoklaf berfungsi dengan baik dan mampu menghasilkan material yang steril. Tekanan yang digunakan adalah 15 Psi atau sekitar 2 atm dengan suhu 121°C (250 F) dalam waktu 15 menit. Jadi tekanan yang bekerja pada permukaan benda adalah 15 pon tiap inci<sup>2</sup>[1].

Autoklaf yang digunakan untuk mengonversi bahan padat menjadi katalis sedikit berbeda prinsip kerjanya dengan autoklaf yang biasanya digunakan pada percobaan bioproses. Autoklaf jenis ini dapat dioperasikan dengan menggunakan suhu di atas 100°C dan tekanan di atas 1 atmosfer, serta dilengkapi dengan pengaduk. Dalam suatu proses pengolahan, aktif atau tidaknya pengadukan dan pencampuran zat cair dalam proses itu sangat berpengaruh. Pengadukan yang merupakan gerakan yang tereduksi menurut cara tertentu, sedangkan pencampuran adalah menyebarnya keseluruhan bahan ke dalam bahan yang lain dan sebaliknya. Kemudian bahan-bahan itu terpisah dalam beberapa fase dalam tahapan[2]. Tujuan dari pengadukan antara lain ialah untuk membuat suspensi partikel zat padat, untuk meramu zat cair yang mampu bercampur, untuk menyebar gas di dalam zat cair yang lain, sehingga membentuk emulsi atau suspensi butiran-butiran halus, dan untuk mempercepat perpindahan kalor antara zat cair dengan kumparan atau material kalor[3].

Banyak dijumpai pada pembuatan produk-produk kimia lain dalam skala kecil yang biasanya digunakan dalam percobaan-percobaan di laboratorium sangat terbatas. Hal ini disebabkan kondisi proses reaksi kimia yang diinginkan untuk bisa menghasilkan suatu produk kimia hanya bisa dilakukan dengan reaktor sederhana. Maka dibutuhkanlah rancang bangun autoklaf serta rangkaian dimensinya agar dapat digunakan dalam kondisi temperatur di atas 100°C dan tekanan di atas 1 atmosfer. Kemampuan alat ini nantinya dapat digunakan konversi bahan seperti zeolit alam menjadi katalis[4]. Fungsi katalis adalah memperbesar kecepatan reaksinya dengan jalan memperkecil energi pengaktifan suatu reaksi dan dibentuknya tahap-tahap reaksi yang baru. Dengan menurunnya energi pengaktifan maka pada suhu yang sama reaksi dapat berlangsung lebih cepat[5].

Zeolit adalah senyawa zat kimia alumino-silikat berhidrat dengan kation natrium, kalium dan barium. Secara umum, Zeolit memiliki melekular sruktur yang unik, di mana atom silikon dikelilingi oleh 4 atom oksigen sehingga membentuk semacam jaringan dengan pola yang teratur. Di beberapa tempat di jaringan ini, atom Silicon digantikan dengan atom Aluminium, yang hanya terkoordinasi dengan 3 atom Oksigen. Atom Aluminium ini hanya memiliki muatan 3+, sedangkan Silicon sendiri memiliki muatan 4+. Keberadaan atom Aluminium ini secara keseluruhan akan menyebabkan Zeolit memiliki muatan negatif. Muatan negatif inilah yang menyebabkan Zeolit mampu mengikat kation. Zeolit juga sering disebut sebagai '*molecular sieve*'/'*molecular mesh*' (saringan molekuler) karena zeolit memiliki pori-pori berukuran melekuler sehingga mampu memisahkan/menyaring molekul dengan ukuran tertentu.

Beberapa sifat antara lainnya, yaitu: mudah melepas air akibat pemanasan, tetapi juga mudah mengikat kembali molekul air dalam udara lembap. Oleh sebab sifatnya tersebut maka zeolit banyak digunakan sebagai bahan pengering. Zeolit juga mudah melepas kation dan diganti dengan kation lainnya, misal zeolit melepas natrium dan digantikan dengan mengikat kalsium atau magnesium. Sifat ini pula menyebabkan zeolit dimanfaatkan untuk melunakkan air. Zeolit dengan ukuran rongga tertentu digunakan pula sebagai katalis untuk mengubah alkohol menjadi hidrokarbon sehingga alkohol dapat digunakan sebagai bensin. Zeolit di alam banyak ditemukan di India, Siprus, Jerman dan Amerika Serikat. Bagian Primary dari Zeolit adalah TO4 di mana T adalah Si atau Al. Zeolit adalah senyawa zat kimia alumino-silikat berhidrat dengan kation natrium, kalium dan barium[6].

Zeolit alam terbentuk karena adanya proses kimia dan fisika yang kompleks dari batuan-batuan yang mengalami berbagai macam perubahan di alam. Para ahli geokimia dan mineralogi memperkirakan bahwa zeolit merupakan produk gunung berapi yang membeku menjadi batuan vulkanik, batuan sedimen dan batuan delapan metamorfosa yang selanjutnya mengalami proses pelapukan karena pengaruh panas dan dingin (Lestari, 2010)[7].

Sebagai produk alam, zeolit alam diketahui memiliki komposisi yang sangat bervariasi, namun komponen utamanya adalah silika dan alumina. Di samping komponen utama ini, zeolit juga mengandung berbagai unsur minor, antara lain Na, K, Ca, Mg, dan Fe (Bogdanov et al., 2009)[8]. Terlepas dari aplikasinya yang luas, zeolit alam memiliki beberapa kelemahan, di antaranya mengandung banyak pengotor seperti Na, K, Ca, Mg dan Fe serta kristalinitasnya kurang baik. Keberadaan pengotor-pengotor tersebut dapat mengurangi aktivitas dari zeolit[9]. Untuk memperbaiki karakter zeolit alam sehingga dapat digunakan sebagai katalis, adsorben, atau aplikasi lainnya, biasanya dilakukan aktivasi dan modifikasi terlebih dahulu[10].

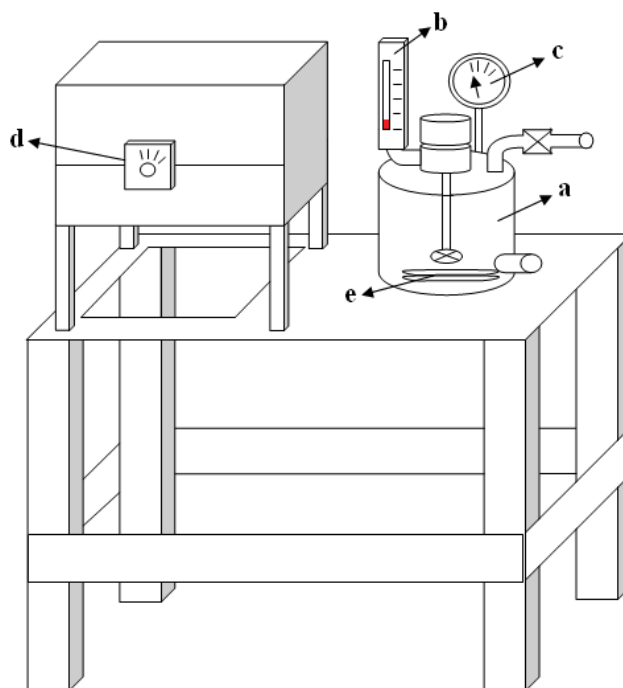
Tujuan dari rancang bangun ini ialah dapat mendesain serta menjalankan alat autoklaf berpengaduk hingga dapat berfungsi dengan baik dalam konversi zeolit alam menjadi katalis. Selain itu mengetahui alat autoklaf dapat berfungsi maksimal tanpa terjadi kebocoran.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Pendekatan Desain Fungsional

Dalam pendekatan rancang bangun alat autoklaf berpengaduk ini, adapun terdapat beberapa komponen yang di antaranya memiliki fungsi-fungsi sebagai berikut.

Autoklaf (a) alat yang berfungsi sebagai tempat umpan berupa bahan padat, NaOH, dan air dicampurkan dan dikonversikan menjadi katalis. Termometer (b) adalah satu komponen yang berfungsi untuk mengamati dan mengetahui temperatur yang telah dicapai pada saat proses. Pengukur Tekanan (c), komponen yang berfungsi untuk mengetahui tekanan uap yang berada di dalam autoklaf saat berlangsungnya proses. Stop Kontak (d), salah satu komponen yang berfungsi untuk mengatur putaran pengaduk (rpm), serta sebagai tombol untuk menghidupkan dan mematikan alat. Lempengan Sumber Panas (e) merupakan komponen yang berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi kalor (panas), terbuat dari kumparan/lilitan kawat tembaga yang jika dialiri arus listrik akan menghasilkan energi panas.



Gambar 1. Desain Alat Autoklaf dan Komponennya

Prosedur percobaan tahap persiapan pembuatan alat adalah sebagai berikut: Disiapkan bahan berupa pelat pipa stainless 8 inch untuk membuat alat autoklaf berpengaduk. Disiapkan rangka besi sebagai meja panel control temperatur. Disiapkan kayu untuk membuat dudukan keseluruhan alat autoklaf berpengaduk. Dibuatkan 8 lubang pada bagian atas autoklaf. Disiapkan 2 buah pipa stainless untuk meletakkan alat pengatur suhu dan pengatur tekanan.

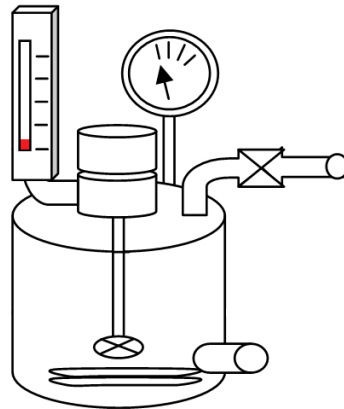
Tahap pembuatan alat autoklaf adalah sebagai berikut: Memotong pelat pipa stainless berukuran 8 inch kemudian menyatukan dengan pelat piringan stainless yang digunakan sebagai alas tabung dan tutup tabung autoklaf. Dipasangkan termokopel pada pelat pipa bagian kanan atas alat autoklaf yang terhubung ke meja control panel. Kemudian, alat pengatur tekanan juga dipasangkan pada bagian kiri atas alat autoklaf. Dipasangkan kran uap stainless sebagai tempat keluarnya uap. Kemudian, dipasangkan pulley dan ball bearing pada bagian tutup autoklaf yang sudah dilengkapi pengaduk. Meletakkan seal karet pada bagian atas autoklaf. Memasangkan 8 buah baut pada bagian atas alat autoklaf. Gunakan skrup pengaman untuk mengunci alat autoklaf sehingga uap panas tidak bocor pada saat percobaan berlangsung. Langkah mendapatkan hasil analisis produk: Mengeringkan produk konversi dalam oven selama 4 jam; menimbanginya sebanyak 9 gram; menghaluskan produk dengan alat penggiling dan alat pres; menganalisa sampel dengan alat XRF.

## 2.2. Pendekatan Desain Struktural

Berikut ini pendekatan rancang bangun alat autoklaf yang akan menjelaskan detail ukuran dan material beberapa komponen alat. Komponen ini terbuat dari bahan stainless steel dengan ukuran diameternya berukuran 20 cm dan tinggi berukuran 15 cm. Autoklaf ini dibuat berbentuk tabung dengan bagian atas terdapat penutup.

Lempeng sumber panas merupakan sumber panas untuk autoklaf ini didapat dari bahan yang terbuat dari kumparan/lilitan kawat tembaga yang jika dialiri arus listrik akan menghasilkan energi panas dengan ukuran lebar 18 cm. Pengaduk, yang mana komponen ini bertipe jangkar dan terbuat dari bahan pelat besi. Dimensi dari pengaduk yaitu dengan tinggi berukuran 17 cm dan lebarnya 18 cm. Penelitian ini dilaksanakan dalam dua

tahapan, yaitu tahap rancang alat, pengujian atau pengambilan data. Hasil dari penelitian juga akan menunjukkan ketahanan alat ini ketika digunakan dalam proses, apakah nantinya terdapat kebocoran ataupun tidak.



Gambar 2. Desain Struktural Autoklaf

Dalam penelitian ini terdapat uji fungsi yang meliputi kemampuan autoklaf untuk mengkonversi bahan padat, yaitu berupa silika yang ditambah bahan kimia berupa NaOH dengan pH 13 dan ditambahkan aquades, di mana perbandingannya adalah 1/3 pada tiap-tiap bahan. Pencampuran ketiga bahan akan terjadi di autoklaf dan pemanasannya diharapkan terjadi pada suhu di atas 100°C serta tekanan di atas 1 atmosfer. Proses ini dilakukan selama lebih kurang 24 jam hingga didapatkan konversi menjadi katalis ZSM-5 dengan mencapai perbandingan SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (S/A) sesuai yang diinginkan.

Uji fungsi dari rancangan alat autoklaf untuk mengonversi bahan padat menjadi katalis meliputi lama waktu pada saat proses pemanasan dan pengadukan tengah berlangsung. Di mana akan terlihat dan diketahui apakah kemampuan alat telah sesuai yang diharapkan, serta keberhasilan proses konversi bahan padat mencapai kristalisasi katalis dengan cara sebagai berikut:

Percobaan dalam waktu 4 jam, selama proses awal pemanasan dan pengadukan pada alat autoklaf berjalan dalam 4 jam, kenaikan suhu dan tekanan dicatat, kemudian diamati apakah selama proses berjalan terdapat tanda-tanda kebocoran pada alat. Perputaran pengaduk (rpm) diatur agar berjalan konstan.

Percobaan dalam waktu 6 jam, setelah proses awal berjalan baik, dua jam kemudian kenaikan suhu dan tekanan dicatat kembali. Diamati juga apakah selama proses berjalan terdapat tanda-tanda kebocoran pada alat. Pengaduk juga diamati apakah tetap berputar secara konstan. Jika terjadi kebocoran, maka segera hentikan proses dengan mematikan alat.

Percobaan dalam waktu 8 jam, apabila tidak ada kebocoran pada alat, maka proses bisa dilanjutkan selama 8 jam dengan tetap mencatat kenaikan suhu dan tekanan serta mengamati pengadukannya.

Percobaan dalam waktu 12 jam, proses konversi bahan padat menjadi katalis di dalam alat autoklaf memerlukan waktu optimal selama ± 12 jam. Jika kondisi suhu, tekanan, dan pengadukan stabil, maka setelah proses berjalan selama 12 jam alat dapat dimatikan dan produk dapat diambil.

Tabel 1. Data Komposisi Bahan dan Temperatur Reaksi

Nomor Sampel	Komposisi Bahan			Waktu Reaksi, Jam	Temperatur, °C
	Zeolit Alam	NaOH	Aquades		
1	300 gr	300 gr	300 ml	4	T <sub>1</sub>
				6	T <sub>2</sub>
				8	T <sub>3</sub>
				12	T <sub>4</sub>
				4	T <sub>5</sub>
2	300 gr	300 gr	300 ml	6	T <sub>6</sub>
				8	T <sub>7</sub>
				12	T <sub>8</sub>
				4	T <sub>9</sub>
				6	T <sub>10</sub>
3	300 gr	300 gr	300 ml	8	T <sub>11</sub>
				12	T <sub>12</sub>

				4	T <sub>13</sub>
4	300 gr	300 gr	300 ml	6	T <sub>14</sub>
				8	T <sub>15</sub>
				12	T <sub>16</sub>

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Hasil

Dalam penelitian ini terdapat hasil uji fungsi yang meliputi kemampuan autoklaf untuk mengkonversi Zeolit Alam, yaitu berupa silika yang ditambah bahan kimia berupa NaOH dengan pH 13 dan ditambahkan aquades, di mana perbandingannya adalah 1/3 pada tiap-tiap bahan.



Gambar 3. Hasil Rancangan Alat Autoklaf Berpengaduk

Pencampuran ketiga bahan akan terjadi di autoklaf dan pemanasannya diharapkan terjadi pada suhu di atas 100°C serta tekanan di atas 1 atmosfer. Proses ini dilakukan selama lebih kurang 24 jam hingga didapatkan konversi menjadi katalis ZSM-5 dengan mencapai perbandingan SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (S/A) sesuai yang diinginkan.

Uji fungsi dari rancangan alat autoklaf untuk mengkonversi Zeolit Alam menjadi katalis meliputi lama waktu pada saat proses pemanasan dan pengadukan tengah berlangsung. Di mana akan terlihat dan diketahui apakah kemampuan alat telah sesuai yang diharapkan, serta keberhasilan proses konversi bahan padat mencapai kristalisasi katalis.

Dalam penyelesaian alat autoklaf untuk mengonversi bahan padat menjadi katalis yang dilengkapi dengan pengaduk ini diperlukan beberapa pengukuran diameter dan tinggi alat agar sesuai dengan yang diinginkan. Setelah proses perancangan dan pembuatan alat autoklaf untuk mengonversi bahan padat menjadi katalis selesai, maka dilanjutkan dengan pengujian kinerja alat. Pengujian alat ini dilakukan dengan menggunakan bahan Zeolit sebanyak 300 gr, NaOH sebanyak 300 ml, dan aquades sebanyak 300 ml. Setelah itu proses pemanasan dan pengadukan pada autoklaf dilakukan dengan variasi waktu 4 jam, 6 jam, 8 jam, dan 12 jam, dengan diamati perubahan temperatur dan tekanannya. Adapun spesifikasi autoklaf rancangan ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Alat Autoklaf

No.	Komponen	Spesifikasi
1	Kapasitas Autoklaf	1000 cm <sup>3</sup>
2	Diameter Autoklaf	20 cm
3	Tinggi Autoklaf	25 cm
4	Tipe pengaduk	<i>Paddles</i>
5	Diameter pengaduk	3 cm
6	Putaran pengaduk	600 rpm
7	Tebal Autoklaf	0.3 cm
8	Kondisi Operasi :	
	-Tekanan	> 1 atm
	- Suhu	> 100°C
	- Waktu	4–12 jam

Data hasil pengamatan temperatur pada saat reaksi berlangsung dalam autoklaf dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil penelitian tersebut didapatkan bahwa kenaikan temperatur sedikit lambat setelah memasuki waktu penelitian 6 jam, kemudian waktu reaksi yang berlangsung selama 8 jam sampai 12 jam dapat menaikkan temperatur 190°C hingga 200°C.

Tabel 3. Data Hasil Pengamatan Temperatur

Sampel	Temperatur Reaksi (°C)			
	4 Jam	6 Jam	8 Jam	12 Jam
Sampel 1	110	140	150	175
Sampel 2	120	160	175	185
Sampel 3	125	175	185	185
Sampel 4	125	175	190	200

### 3.2. Pembahasan

Pengujian fungsi dari rancangan alat autoklaf untuk mengonversi bahan padat menjadi katalis meliputi lama waktu pada saat proses pemanasan dan pengadukan tengah berlangsung. Di mana akan terlihat dan diketahui apakah kemampuan alat telah sesuai yang diharapkan, serta keberhasilan proses konversi bahan padat menjadi katalis dengan cara sebagai berikut.

Selama proses awal pemanasan dan pengadukan pada alat autoklaf berjalan dalam 4 jam, kenaikan temperatur sebesar 110°C dan tekanan sudah sedikit di atas tekanan atmosferik. Tidak terdapat tanda-tanda kebocoran pada alat selama proses berjalan. Perputaran pengaduk (100 rpm) berjalan konstan.

Setelah proses awal berjalan baik, dua jam kemudian kenaikan temperatur sebesar 25°C menjadi 135°C dan tekanan sudah sedikit di atas 1,5 bar. Tidak terdapat tanda-tanda kebocoran pada alat selama proses berjalan. Namun, terdapat uap panas yang keluar dari sisi autoklaf. Perputaran pengaduk (100 rpm) berjalan konstan.

Proses awal berjalan baik, dua jam kemudian kenaikan temperatur sebesar 15°C menjadi 150°C dan tekanan sudah sedikit di atas 2 bar. Tidak terdapat tanda-tanda kebocoran pada alat selama proses berjalan. Terdapat uap panas yang keluar dari sisi autoklaf. Perputaran pengaduk (100 rpm) tidak konstan. Pengaduk berputar sekitar 10 menit, lalu berhenti sekitar 5 menit, dan kemudian kembali berputar selama 10 menit.

Tabel 4. Hasil Analisa Kadar SiO<sub>2</sub> dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan Unsur Lainnya Pada Produk

Analisa		Komposisi Sampel			
		4 Jam	6 Jam	8 Jam	12 Jam
SiO <sub>2</sub>	%	55,81	57,22	56,33	54,84
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	2,48	2,51	2,12	1,11
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	2,35	2,46	2,12	1,17
CaO	%	1,25	1,04	0,87	0,66
MgO	%	0,06	0,06	0,03	0,01
K <sub>2</sub> O	%	0,58	0,51	0,47	0,31

Proses konversi bahan zeolit alam menjadi katalis di dalam alat autoklaf memerlukan waktu optimal selama ± 12 jam. Setelah proses berjalan selama 12 jam alat dapat dimatikan dan produk dapat diambil. Kenaikan temperatur sebesar 10°C menjadi 150°C dan tekanan sudah di atas 2 bar[11]. Tidak terdapat tanda-tanda kebocoran pada alat selama proses berjalan. Terdapat uap panas yang keluar dari sisi autoklaf. Kayu alas autoklaf terlihat mengalami kerapuhan akibat panas. Perputaran pengaduk (100 rpm) tidak konstan, di mana berputar sekitar 5 menit, lalu berhenti sekitar 5 menit, dan kemudian kembali berputar selama 5 menit.



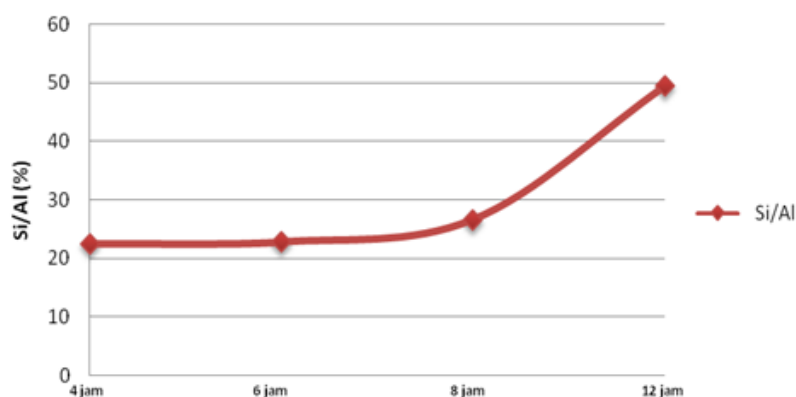
Gambar 4. Sampel Zeolit Menjadi Katalis untuk Uji Kadar Si/Al

Bahan yang telah melewati proses pemanasan dan pengadukan di dalam autoklaf selama 4, 6, 8, dan 12 jam selanjutnya dikeringkan di dalam oven selama lebih kurang 4 jam, kemudian dianalisa dengan menggunakan alat

XRF (X-Ray Fluorescence) untuk mengetahui kadar SiO<sub>2</sub> dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan unsur lainnya dalam produk. Hasil analisa dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Kadar Si/Al dalam Sampel Zeolit Menjadi Katalis

Analisa		Komposisi Sampel			
		Sampel 4 Jam	Sampel 6 Jam	Sampel 8 Jam	Sampel 12 Jam
SiO <sub>2</sub>	%	55,81	57,22	56,33	54,84
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	2,48	2,51	2,12	1,11
Si/Al	%	22,50	22,80	26,57	49,41



Gambar 5. Grafik Analisa Kadar Si/Al

Dari data yang didapat pada waktu 4, 6, 8 dan 12 jam kadar Si/Al yang paling tinggi adalah 49,41% pada waktu 12 jam. Hasil yang didapat menunjukkan pengaruh suhu terhadap waktu yang menghasilkan Si/Al yang lebih banyak dari waktu 4, 6 dan 8 jam. Ini menunjukkan semakin tinggi waktu dan suhu maka nilai Si/Al semakin tinggi yang didapat.

#### 4. KESIMPULAN

Rancang bangun autoklaf berpengaduk dilakukan untuk dapat digunakan dalam kondisi temperatur di atas 100°C dan tekanan di atas 1 atmosfer. Komponen alat autoklaf ini dibuat dari bahan *stainless steel* dengan ukuran diameternya sebesar 20 cm dan tinggi 15 cm. Autoklaf ini dibuat berbentuk tabung dengan bagian atas terdapat penutup. Sumber panas untuk autoklaf didapat dari bahan kumparan kawat tembaga yang dialiri arus listrik untuk menghasilkan energi panas dengan ukuran lebar 18 cm. Komponen pengaduk ini bertipe jangkar dan terbuat dari bahan pelat besi.

Penelitian ini terdapat hasil uji fungsi yang meliputi kemampuan autoklaf untuk mengkonversi zeolit alam, yaitu berupa silika yang ditambah bahan kimia berupa NaOH dengan pH 13 dan ditambahkan aquades, di mana perbandingannya adalah 1/3 pada tiap-tiap bahan. Lama waktu pemanasan pada alat autoklaf sangat mempengaruhi reaksi konversi bahan padat silika menjadi katalis ZSM-5, di mana waktu reaksi dalam autoklaf di atas 8 jam adalah waktu yang tepat untuk mendapatkan hasil produk dengan nilai Si/Al mendekati 30% sesuai dengan spesifikasi katalis ZSM-5. Tidak ada kebocoran pada alat ini karena proses pemanasan dan pengadukan dilakukan secara bertahap, sehingga memudahkan alat untuk berjalan stabil dan optimal.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. M. Siswanto, A. Mahendra, Fausiah, "Perekayasa Nanosilika Berbahan Baku Silika Lokal Sebagai Filler Kompon Karet Rubber Air Bag Peluncur Kapal dari Galangan," *Prosiding InSINas Jakarta*.
- [2] A. D. Wahyuningsih, dkk, "Pembuatan Autoklaf Berpengaduk Skala Laboratorium". Jurusan Teknik Kimia Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- [3] C. Covarrubias, R. Garcia, R. Arriagada, J. Yanez, and M.T. Garland, "Cr(III) Exchange on Zeolites Obtained from Kaolin and Natural Mordenite," *Microporous and Mesoporous Materials.*, vol 88, pp. 220–231, doi: 10.1016/j.micromeso.2005.09.007.
- [4] A. Zamroni, and J. Muslim (Dr. Ir. Subagio), "Kajian Awal Sintesa ZSM-5 dari Zeolit Alam," Institut

Teknologi Bandung.

- [5] G. D. Presetyo, and Nurrohman, "Rancang Bangun Autoklaf untuk Proses Sterilisasi Peralatan Kedokteran," Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bandung.
- [6] W. McCabe, J.C. Smith, and P. Harriot, *Unit Operation of Chemical Engineering*. McGraw Hill Book, Co. United States of America.
- [7] D. Y. Lestari, "Kajian Modifikasi dan Karakterisasi Zeolit Alam dari Berbagai Negara," Universitas Yogyakarta.
- [8] B. Bogdanov, D. Georgiev, K. Angelova, I. Markovska, & Y. Hristov, *Synthetic Zeolites–Structure, Classification, Current Trends in Zeolite Synthesis*. International Science Conference.
- [9] P.J. Angevine, Ph.D., *The Role of ZSM-5 as Catalyst in Petroleum and Petrochemical Industries*. Mobile Research and Development Corporation United States of America.
- [10] H. Hattori, and Y. Onno, *Solid Acid Catalysis: From Fundamentals to Application*. Pan Stanford Publishing Pte. Ltd. Singapura.
- [11] L. Yosefi, M. Haghighi, S. Allahyari, and S. Ashkriz, "The Beneficial Use of HCl-Activated Natural Zeolite in Ultrasound Assisted Synthesis of Cu/Clinoptilolite–CeO<sub>2</sub> Nanocatalyst Used for Catalytic Oxidation of Diluted Toluene in Air at Low Temperature," in *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, vol. 90, no. 4, pp. 765-774, 2015.