



Pemanfaatan Bentonit Teraktivasi HCl sebagai Adsorben Ion Logam Cd(II)

Muhammad Septian Nugraha[✉], Fransiska Widhi Mahatmanti, dan Triastuti Sulistyarningsih

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang
Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

Info Artikel

Diterima Juli 2017

Disetujui Agustus 2017

Dipublikasikan November
2017

Keywords:

adsorben
ion logam Cd(II)
bentonit

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh proses aktivasi pada bentonit dengan menggunakan asam klorida dan mengaplikasikannya sebagai adsorben ion logam Cd(II). Beberapa faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi seperti pH, waktu optimum, dan konsentrasi awal ion logam. Selain itu, studi isotherm dan kinetika adsorpsi juga dipelajari dalam penelitian ini. Sampel bentonit sebelum dan sesudah diaktivasi dikarakterisasi menggunakan *Surface Area Analyzer (SAA)*. Analisis kandungan ion logam Cd(II) yang tersisa dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom (SSA). Hasil penelitian menunjukkan sampel bentonit memiliki luas permukaan 73,356 m²/g, dan pada bentonit teraktivasi luas permukaan sebesar 100,732 m²/g. Kondisi optimum adsorpsi tercapai pada pH 6 selama 45 menit dan pada konsentrasi awal ion logam Cd(II) 70 mg/L. Adsorpsi ini lebih mengikuti model adsorpsi isotherm *Freundlich* dengan faktor heterogenitas 1,0940 pada bentonit, dan 1,0465 pada bentonit teraktivasi, dan kinetika adsorpsi *pseudo* orde dua Ho dengan konstanta laju adsorpsi ion logam Cd(II) sebesar 121,4 g/mg.min pada bentonit, dan 117,2 g/mg.min pada bentonit teraktivasi.

Abstract

This study aim to study the effect on bentonite activation process using hydrochloric acid and applied as adsorbent Cd(II) ion. Various factors influencing the adsorption of Cd(II) ion e.g. pH, contact time and metal ion initial concentration. Moreover, model of adsorption isotherm and kinetics also studied. Sample of bentonite, and activated bentonite were characterized by Surface Area Analyzer (SAA). Analysis remaining Cd (II) ion performed using atomic absorption spectrophotometer (AAS). The result showed bentonite surface area was 73.356 m²/g, and activated bentonite surface area was 100.732 m²/g. An optimum pH require for adsorption is 6, optimum contact time is 60 minutes and optimum metal ion initial concentration is 70 mg/L. The adsorption follow *Freundlich* isotherm model with heterogeneity factor at 1.0940 on bentonite, and 1.0465 on activated bentonite and pseudo second-order kinetic model Ho with a metal ion adsorption rate constant Cd(II) of 121.4 g/mg.min at bentonite, and 117.2 g/mg.min on activated bentonite.

© 2017 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:
Gedung D6 Lantai 2 Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229
E-mail: Septianugrahaa@gmail.com

p-ISSN 2252-6951
e-ISSN 2502-6844

Pendahuluan

Perkembangan industri yang semakin pesat menyebabkan semakin banyak pula ion logam berat yang dibuang sebagai limbah. Ion logam yang dimaksud adalah timbal (Pb), kromium (Cr), tembaga (Cu), kadmium (Cd), nikel (Ni), dan seng (Zn). Limbah ini akan menyebabkan pencemaran serius terhadap lingkungan jika kandungan ion logam berat yang terdapat di dalamnya melebihi ambang batas dan akan menyebabkan penyakit serius bagi manusia apabila terakumulasi di dalam tubuh. Beberapa metode kimia maupun biologis telah dicoba untuk mengambil ion logam berat yang terdapat di dalam limbah, diantaranya adsorpsi, pertukaran ion, pemisahan dengan membran. Proses adsorpsi lebih banyak dipakai dalam industri karena lebih ekonomis.

Salah satu jenis ion logam berat yang berbahaya karena elemen ini beresiko tinggi terhadap pembuluh darah adalah ion kadmium. Ion logam kadmium berpengaruh terhadap manusia dalam jangka waktu panjang dan dapat terakumulasi pada tubuh khususnya hati dan ginjal. Ion logam berat ini bergabung bersama timbal, dan merkuri sebagai the big three heavy metal yang memiliki tingkat bahaya tertinggi pada kesehatan manusia. Ada banyak senyawa yang dapat digunakan untuk adsorpsi logam berat antara lain zeolit, arang aktif, bentonit dan magnetit (Maylani, 2016). Bentonit dapat digunakan sebagai adsorben alternatif, karena biaya yang murah, melimpah di alam (Eren & Afsin, 2007).

Penyusun bentonit adalah silika dan alumina, dengan kandungan lain yaitu Fe, Mg, Ca, Na, Ti, dan K. Sifat-sifatnya tersebut menjadikan bentonit cocok dimanfaatkan sebagai adsorben. Jika bentonit tidak dimodifikasi terlebih dahulu, akan memberikan hasil yang kurang maksimal sebagai aplikasi adsorben. Hal ini disebabkan karena sifat bentonit yang mudah menyerap air sehingga kurang stabil jika digunakan sebagai bahan penyerap (Wijaya, 2003). Kelemahan tersebut dapat diatasi melalui proses aktivasi menggunakan asam, sehingga dihasilkan lempung dengan kemampuan adsorpsi yang lebih tinggi. Aktivasi bentonit menggunakan asam menghasilkan bentonit dengan situs aktif yang lebih besar karena asam mineral tersebut larut dan bereaksi dengan komponen berupa tar, garam Ca dan Mg yang menutupi pori-pori adsorben. Bentonit juga memiliki keasamaan permukaan yang tinggi, yang mengakibatkan kemampuan adsorpsi menjadi lebih tinggi dibandingkan sebelum diaktivasi (Komandell, 2003).

Metode

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bentonit, HCl, $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, NaOH, HNO_3 , larutan yang digunakan adalah larutan dengan *grade pro analyst* dan didapat dari Merck, kertas saring dan aquademin. Peralatan yang digunakan yaitu ayakan 100 mesh, pengaduk magnetik, *orbital shaker*, neraca analitik, dan pH-meter. Selain itu diperlukan pula instrumen karakteristik berupa *SAA Quantachrome NOVA 1200E*, dan *AAS Perkinelmer Analyst 900 Atomic Absorption Spectrofotometer*.

Bentonit diayak dengan ukuran 100 mesh. Serbuk bentonit dibilas dengan akuades lalu disaring dengan kertas saring. Selanjutnya bentonit tersebut dikeringkan dengan oven pada suhu 120°C selama 3 jam (Nurarief, 2015). Hasil akhir dikarakterisasi dengan SAA. Kemudian bentonit ditambahkan 250 mL larutan HCl 1,0 M sambil diaduk dengan pengaduk magnetik selama 24 jam, kemudian disaring dan residu yang didapat dicuci dengan akuades panas sampai pH netral, lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 120°C selama 3 jam. (Nurarief, 2015). Hasil akhir akan dikarakterisasi dengan SAA

Langkah selanjutnya yaitu pengaplikasian bentonit dan bentonit teraktivasi sebagai adsorben ion logam Cd(II). Sebanyak 10 mL larutan ion logam Cd(II) 70 ppm diatur keasamannya pada pH 5, kemudian dimasukkan 0,05 g bentonit teraktivasi dan bentonit tanpa aktivasi. Kemudian masing-masing larutan dikocok dengan menggunakan *orbital shaker* dengan kecepatan 200 rpm selama 45 menit, dan dipisahkan dengan penyaringan. Filtrat yang diperoleh diukur absorbansinya dengan SSA.

Hasil dan Pembahasan

Preparasi pada bentonit bertujuan untuk membersihkan bentonit dari pengotor. Bentonit hasil preparasi di karakterisasi menggunakan *Surface Area Analyzer*. Hal ini bertujuan untuk mengetahui luas permukaan bentonit sebelum diaktivasi. Setelah di preparasi, bentonit diaktivasi. Aktivasi ini menggunakan asam klorida. Mula-mula terjadi pertukaran kation dari garam mineral (Na^+) pada lapisan interlayer bentonit dengan ion H^+ dari asam, kemudian diikuti dengan pelarutan ion logam lainnya seperti Fe^{3+} (Prasetiowati, 2014).

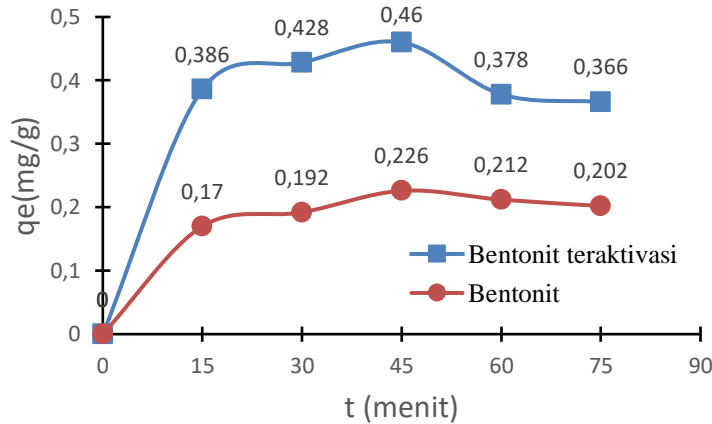
Pada bentonit sebelum diaktivasi, bentonit berwarna merah bata. Sedangkan pada bentonit setelah aktivasi warna merah bata pada bentonit menjadi pudar. Hal ini dikarenakan adanya reaksi bentonit dengan HCl sehingga Fe_2O_3 pada bentonit larut, dan membuat warna merah bata pada bentonit menjadi lebih pudar. Luas permukaan serbuk bentonit dianalisis dengan *Surface Area Analyzer*, bentonit yang dianalisis adalah bentonit yang sebelum diaktivasi asam klorida 1 M dan bentonit yang sudah diaktivasi. Data hasil

luas permukaan bentonit yang sebelum diaktivasi dan yang sudah diaktivasi dengan asam klorida 1M dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil luas permukaan spesifik bentonit dengan analisis SAA

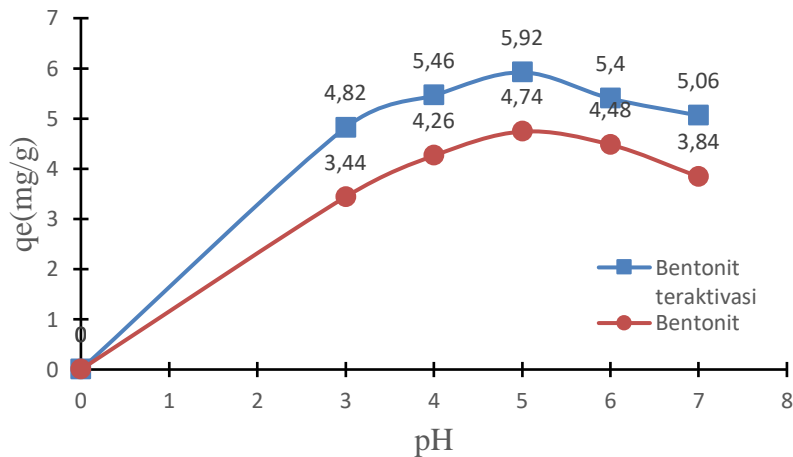
Sampel	Luas permukaan (m ² /g)
Bentonit alam	73,35
Bentonit teraktivasi	100,73

Penentuan waktu kontak optimum larutan ion logam Cd(II) dilakukan dengan mengukur absorbansi larutan sampel pada berbagai waktu kontak dengan pH dan konsentrasi yang sama. Hasil pengukuran ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengaruh waktu kontak pada adsorpsi ion logam Cd(II) menggunakan bentonit dan bentonit teraktivasi

Gambar 1 menunjukkan bahwa waktu kontak optimum adsorpsi ion logam Cd(II) oleh bentonit terjadi pada waktu 45 menit sebesar 0,22 mg/g, dan pada bentonit teraktivasi sebesar 0,46 mg/g. Semakin lama waktu kontak antara adsorben dan adsorbat, maka jumlah adsorbat yang berinteraksi dengan situs aktif adsorben akan semakin banyak hingga mencapai kesetimbangan. Pada menit ke-60 terjadi penurunan daya serap, hal ini dikarenakan situs aktif telah terisi penuh oleh ion-ion logam Cd(II) sehingga tidak dapat mengadsorpsi ion logam Cd(II) lagi (sudah jenuh), dan terjadi penurunan penyerapan ion logam Cd(II) karena adanya interaksi antara pori-pori bentonit dengan ion logam Cd(II) sehingga terjadi desorpsi, sehingga ion logam Cd(II) yang telah teradsorpsi terlepas kembali

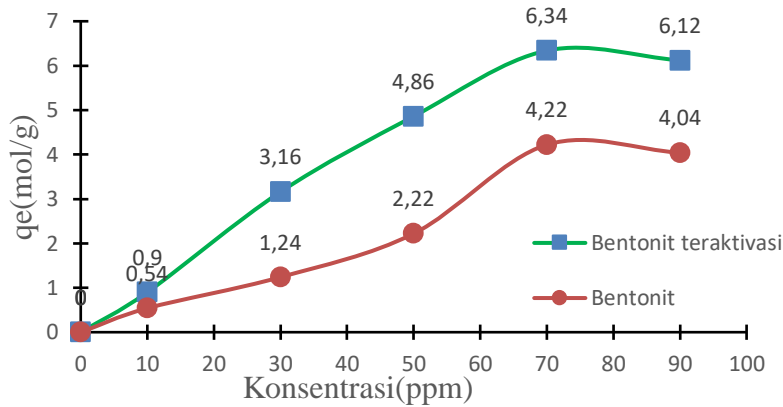


Gambar 2. Pengaruh pH pada adsorpsi ion logam Cd(II) menggunakan bentonit dan bentonit teraktivasi

Penentuan pH optimum larutan ion logam Cd(II) dilakukan dengan mengukur absorbansi larutan sampel pada berbagai variasi pH dengan waktu kontak optimum dan konsentrasi yang sama. Hasil pengukuran ditunjukkan pada Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2 diketahui bahwa pH optimum adsorpsi ion logam Cd(II) oleh bentonit terjadi pada pH 5 sebesar 4,74 mg/g, dan pada bentonit teraktivasi sebesar 5,92 mg/g. Hal ini dikarenakan pada pH rendah 3 sampai 5 terjadi kompetisi antara ion logam Cd(II)

dengan ion H⁺ dalam memperebutkan tempat di permukaan adsorben sehingga besarnya ion logam Cd(II) yang teradsorpsi sedikit. Seiring dengan kenaikan pH, besarnya ion logam Cd(II) yang diadsorpsi pun semakin tinggi hal ini dikarenakan berkurangnya ion H⁺ dalam larutan. Pada pH 5 permukaan adsorben dikelilingi oleh OH⁻ sehingga permukaan bermuatan negatif. Hal ini menyebabkan terjadi tarik menarik antara permukaan adsorben dengan ion logam Cd(II) yang bermuatan positif. Pada pH 6 terjadi penurunan penyerapan ion logam Cd(II) dikarenakan pada pori-pori bentonit kadar OH⁻ sudah hampir terisi penuh sehingga dapat dianggap sudah jenuh, dan sudah mulai terjadi pengendapan dikarenakan ion logam Cd(II) mempunyai harga K_{sp} sebesar 2,5x10⁻¹⁴ (Bodner, 1989) dan akan mengendap sempurna menjadi Cd(OH)₂ pada pH 8,87.

Penentuan konsentrasi optimum larutan ion logam Cd(II) dilakukan dengan mengukur absorbansi larutan sampel pada berbagai konsentrasi dengan pH dan waktu kontak optimum. Hasil pengukuran ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh konsentrasi awal larutan ion logam Cd(II) pada adsorpsi menggunakan bentonit dan bentonit teraktivasi

Berdasarkan Gambar 3 dapat diketahui bahwa konsentrasi awal larutan optimum pada adsorpsi ion logam Cd(II) oleh bentonit terjadi pada konsentrasi awal larutan ion logam Cd(II) 70 ppm pada bentonit, dan bentonit teraktivasi. Pada konsentrasi rendah, situs aktif bentonit hanya terisi sedikit ion logam Cd(II) sehingga proses adsorpsi masih terus mengalami kenaikan hingga konsentrasi awal 70 ppm. Konsentrasi awal 70 ppm dianggap sebagai konsentrasi optimum karena pada konsentrasi ini jumlah ion logam Cd(II) yang teradsorpsi oleh bentonit sebesar 4,22 mg/g dan untuk bentonit teraktivasi sebesar 6,34 mg/g. Pada konsentrasi di atas 70 ppm, terjadi penurunan penyerapan ion logam Cd(II) sehingga dapat dianggap permukaan bentonit sudah mencapai kesetimbangan atau jenuh, dan terjadi penurunan penyerapan ion logam Cd(II) karena adanya interaksi antara pori-pori bentonit dengan ion logam Cd(II) sehingga ion logam Cd(II) yang telah teradsorpsi terlepas kembali.

Kinetika adsorpsi ion logam Cd(II) pada bentonit dipelajari dengan mereaksikan bentonit dengan larutan ion logam Cd(II) pada berbagai waktu hingga tercapai kesetimbangan adsorpsi. Laju reaksi akan ditentukan dengan menggunakan waktu interaksi yang diperlukan untuk mencapai kesetimbangan. Semakin cepat waktu yang dibutuhkan maka laju reaksi adsorpsi semakin besar.

Pada penelitian ini digunakan dua buah model kinetika adsorpsi untuk menentukan konstanta laju adsorpsi. Model kinetika yang digunakan yaitu, model kinetika pseudo orde satu Lagergren dan pseudo orde dua Ho. Model kinetika pseudo orde satu Lagergren ditentukan dengan membuat kurva antara ln (q_e-q_t) vs t sedangkan model kinetika pseudo orde dua Ho ditentukan dengan membuat kurva antara (t/q_t) vs t. Dari hasil perhitungan diperoleh hasil seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan kinetika adsorpsi ion logam Cd(II)

Adsorben	Model pseudo orde satu			Model pseudo orde dua		
	R ²	k (menit ⁻¹)	q _e (mg/g)	R ²	h (mg/g.menit)	k (g/mg.menit)
Bentonit	0,2842	0,0095	5,4562	0,978	28,05	121,4
Bentonit teraktivasi	0,6523	0,0172	5,0936	0,9854	46,192	117,2

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa kinetika adsorpsi ion logam Cd(II) dengan bentonit dan bentonit teraktivasi mengikuti model kinetika *Ho* (model pseudo orde dua semu) dengan konstanta laju adsorpsi ion logam Cd(II) pada bentonit sebesar 121,4 g/mg menit, dan pada bentonit teraktivasi sebesar 117,2 g/mg menit.

Kapasitas adsorpsi ion logam Cd(II) pada bentonit ditentukan menggunakan isoterm adsorpsi. Model isoterm adsorpsi yang digunakan adalah model isoterm adsorpsi *Freundlich* dan *Langmuir*. Isoterm *Freundlich* didasarkan pada serapan multilayer di permukaan adsorben heterogen sedangkan isoterm *Langmuir* berasumsi cakupan monolayer sorben di permukaan homogen (Dong *et al.*, 2010). Dari hasil perhitungan diperoleh hasil seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil perhitungan isoterm adsorpsi ion logam Cd(II) menggunakan bentonit dan bentonit teraktivasi

Adsorben	<i>Freundlich</i>			<i>Langmuir</i>		
	K_f (mol/g)	n	R^2	q_{max} (mol/g)	K_L (L/mol)	R^2
Bentonit	0,4104	1,0940	0,8335	0,313558	0,51396	0,0857
Bentonit teraktivasi	0,2289	1,0465	0,9809	0,345805	0,18694	0,1841

Proses adsorpsi ion logam Cd(II) oleh bentonit mengikuti model isoterm *Freundlich*. Kesesuaian model kesetimbangan *Freundlich* terhadap data penelitian menunjukkan bahwa proses adsorpsi terjadi pada permukaan bentonit yang bersifat heterogen. Hal ini berbeda dengan model kesetimbangan *Langmuir* yang didasarkan pada asumsi bahwa penyerapan terjadi pada permukaan yang bersifat homogen (Sohn dan Kim, 2005). Model isoterm *Freundlich* juga menjelaskan bahwa proses adsorpsi pada bagian permukaan adalah heterogen dimana tidak semua permukaan adsorben mempunyai daya adsorpsi. (Muslich, 2006).

Heterogenitas permukaan adsorpsi pada model isotherm *Freundlich* dinyatakan dengan tetapan faktor heterogenitas permukaan (n) yang pada penelitian ini bernilai 1,0940 pada bentonit dan 1,0465 pada bentonit teraktivasi. Sementara itu, tetapan kesetimbangan *Freundlich* (K_f) pada penelitian ini bernilai 0,41 mol/g pada bentonit, dan 0,28 pada bentonit teraktivasi.

Simpulan

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa aktivasi bentonit dengan larutan HCl menghasilkan luas permukaan yang lebih besar dari bentonit yang tidak diaktivasi. Bentonit dan bentonit teraktivasi digunakan sebagai adsorben ion logam Cd(II) dengan waktu kontak optimum 45 menit, pH optimum 5, dan Konsentrasi awal adsorbat optimum pada adsorpsi ion logam Cd(II) menggunakan bentonit dan bentonit teraktivasi pada konsentrasi awal 70 mg/L. Isoterm adsorpsi ion logam Cd(II) dengan bentonit dan bentonit teraktivasi mengikuti model isoterm *Freundlich* dengan K_F sebesar 0,41 mol/g dan n_F sebesar 1,09 pada bentonit, dan pada bentonit teraktivasi K_F sebesar 0,22 mol/g dan n_F sebesar 1,04, sedangkan model kinetika adsorpsi ion logam Cd(II) dengan bentonit dan bentonit teraktivasi mengikuti kinetika pseudo orde dua *Ho*.

Daftar Pustaka

- Bodner, G.M., 1989, *Chemistry an Experimental Science*, New York: John Willey & Sons
- Dong, L., Zhu, Z., Qiu, Y., & Zhao, J., 2010, Removal of Lead From Aqueous Solution by Hidroxyapatite/Magnetite Composite Adsorbent, *Chemical Engineering Journal*, 16(1):827-834
- Eren, B. & Afsin, B. 2007. An Investigation of Cu(II) Adsorption by Raw and Acid Activated Bentonite: A Combined Potentiometric, Thermodynamic, XRD, IR, DTA Study. *Journal of Hazardous Material*, 151: 682- 691
- Komandell. 2003. *Chemically Modified Smectites*. Slovak Academy of Sciences. Slovakia
- Maylani, A.S., T. Sulistyarningsih, E. Kusumastuti. 2016. Preparasi Nanopartikel Fe₃O₄ (Magnetit) serta Aplikasinya sebagai Adsorben Ion Logam Kadmium. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 5(2): 130-135
- Muslich. 2006. Kinetika Adsorpsi Isotermal β -Karoten dari Olein Sawit Kasar dengan menggunakan Bentonit. *Jurnal Teknik Industri Pertanian*, 19(2): 93-100
- Nururief, R. 2015. Pemanfaatan Bentonit Teraktivasi Asam Klorida (HCl) untuk Pengolahan Minyak Goreng Bekas. *Skripsi*. Semarang: UNNES

- Prasetyowati, Y., & Toeti, K. 2014. Kapasitas Adsorpsi Bentonit Teknis Sebagai Adsorben Ion Cd²⁺. *UNESA Journal of Chemistry*, 3: 195-200
- Sohn, S., & Kim, D. 2005. Modification of *Langmuir* Isotherm in Solution Systems-Definition and Utilization of Concentration Dependent Factor. *Chemosphere*, 58: 115–123
- Wijaya, B. 2003. Studi Pengetesan Lempung Bentonit Teraktivasi. *Jurnal Kimia*, 4(2): 16-19