

Evaluasi Kinetika Reaksi Pembuatan Aluminium Hidroksida dari Tawas dan Amonium Hidroksida

Ani Purwanti
Jurusan Teknik Kimia, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
e-mail: ani4wanti@gmail.com

ABSTRACT

Aluminium hydroxide has much benefit at industrial such as ceramics industry, cosmetic industry, and other industries that use aluminium hydroxide. Aluminium hydroxide is formed from the reaction between alum and ammonium hydroxide at the flask with which were completed with stirrer, condensor, heater and thermometer. Once in certain time sample of reacting liquid was taken out from the flask to be analyzed. The results of the research shows that the reaction of aluminium hydroxide formation is second order, first order to $Al_2(SO_4)_3$ and first order to ammonium hydroxide. By using an optimum reactant ratio, stirrer velocity 600 rpm, and solution temperature at 55°C, it can be obtained the good relative condition. In that condition the constant value of reaction rate (k) is $2.31 \times 10^{-4} \text{ mL}^{-1}/\text{minute}$.

Keywords: aluminium hydroxide, ammonium hydroxide, kinetics

INTISARI

Aluminium hidroksida mempunyai banyak kegunaan dalam bidang industri, misalnya di industri keramik, industri kosmetik dan lain-lain, yang dalam prosesnya menggunakan bahan – bahan tersebut. Aluminium hidroksida merupakan hasil reaksi antara tawas dengan NH_4OH dalam labu leher tiga dengan suhu tertentu, sambil dilakukan pengadukan konstan, setelah waktu yang diinginkan tercapai, endapan diambil lalu disaring untuk memisahkan filtratnya, kemudian endapan tersebut dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C sampai beratnya konstan. Endapan yang telah dikeringkan diambil, sebagian untuk dianalisis kadar aluminiumnya untuk dapat mengetahui konversinya. Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah 25 g tawas yang telah dihaluskan dan 75 mL NH_4OH 21 % dengan kecepatan pengadukan 600 rpm, pada suhu 55 °C (suhu tertinggi pada penelitian ini), sehingga diperoleh nilai konstanta kecepatan reaksi $2,31 \times 10^{-4} \text{ ml}^{-1}/\text{menit}$ dan merupakan reaksi orde dua (orde satu terhadap $Al_2(SO_4)_3$ dan orde satu terhadap NH_4OH).

Kata kunci: aluminium hidroksida, ammonium hidroksida, tawas, kinetika

Pendahuluan

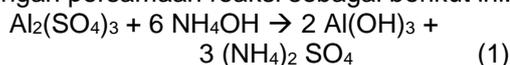
Industri-industri yang dalam prosesnya menggunakan bahan baku aluminium hidroksida antara lain industri keramik maupun industri kosmetik. Industri tersebut semakin berkembang sehingga kebutuhan aluminium hidroksida setiap waktu selalu mengalami peningkatan. Sampai saat ini untuk memenuhi kebutuhan aluminium hidroksida dalam negeri sebagian masih impor.

Untuk memenuhi kebutuhan aluminium hidroksida, perlu dilakukan penelitian tentang pembuatan aluminium hidroksida dengan menggunakan tawas yang bertujuan untuk menunjang produksi aluminium hidroksida dalam negeri agar tidak tergantung dengan impor. Dalam hal ini peneliti mencoba melakukan penelitian mengenai kinetika reaksi pembuatan aluminium hidroksida dari tawas dengan penambahan NH_4OH , mengingat kedua bahan tersebut cukup tersedia dengan harga relatif murah. Dari segi proses, penelitian ini perlu dilakukan untuk memperoleh data kinetika reaksi yaitu agar

diperoleh nilai konstanta kecepatan reaksi yang dapat digunakan dalam perancangan reaktor.

Tawas banyak dipakai dalam berbagai industri sebagai bahan baku utama atau sebagai bahan baku pembantu. Industri pemakai tawas terbesar adalah industri kertas yaitu sebagai bahan untuk mengentalkan bubur kayu dalam proses pembuatan kertas (Chang, 1980) & (Kirk & Othmer, 1964), selain itu tawas juga banyak dipakai sebagai bahan koagulan dalam teknologi penjernihan air (Raharja, 1985). Aluminium hidroksida juga digunakan dalam industri kaca, keramik, kosmetik, dan sebagainya.

Dalam proses pengolahan tawas untuk mendapatkan aluminium hidroksida diperoleh endapan putih yang berbentuk butiran halus yang mempunyai tingkat keputihan atau kecerahan tinggi (Chang, 1980). Reaksi yang terjadi antara tawas dan NH_4OH akan menghasilkan endapan aluminium hidroksida, dengan persamaan reaksi sebagai berikut ini:



Apabila dinotasikan, maka persamaan reaksi dari pembuatan aluminium hidroksida dari tawas dan amonium hidroksida secara umum dapat dituliskan sebagai berikut ini:



dengan:

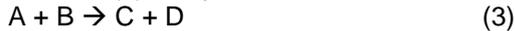
A = tawas

B = amonium hidroksida (berlebihan)

C = aluminium hidroksida

D = amonium sulfat

Apabila dinyatakan dalam ekuivalen, persamaan (2) menjadi:



Persamaan kecepatan reaksi (3) menjadi

$$r = -\frac{dC_A}{dt} = k \cdot C_A^\alpha \cdot C_B^\beta \quad (4)$$

Apabila dijabarkan dari persamaan di atas, dimana :

$$C_B = \{C_{B0} - (C_{A0} - C_A)\}$$

$$C_B = (C_{B0} - C_{A0}) + C_A$$

$$M = C_{B0} - C_{A0}$$

$$C_B = M + C_A$$

Sehingga diperoleh hasil persamaan sebagai berikut ini:

$$-\frac{dC_A}{dt} = kC_A \cdot C_B$$

$$-\frac{dC_A}{C_A \cdot C_B} = k \cdot dt$$

$$-\frac{\int dC_A}{C_A(M + C_A)} = \int k \cdot dt$$

$$\int \frac{A}{C_A} dC_A + \int \frac{B}{(M + C_A)} dC_A = k \cdot t$$

$$\frac{1}{C_A(M + C_A)} = \frac{A}{C_A} + \frac{B}{M + C_A} = k \cdot t$$

Apabila persamaan di atas dibuat menjadi :

$$1 = A(M + C_A) + B \cdot C_A$$

Misal : $C_A = 0$, maka

$$1 = A(M + 0)$$

$$A = \frac{1}{M}$$

Misal : $C_A = -M$

$$1 = B \cdot C_A$$

$$B = -\frac{1}{M}$$

Penjabaran untuk persamaan di atas dapat diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\frac{1}{(C_{B0} - C_{A0})} \ln \frac{1}{C_A} \{C_{B0} - (C_{A0} - C_A)\} - \ln \frac{C_{B0}}{C_{A0}} = kt$$

Bila $C_A = C_{A0} (1 - X_A)$, maka persamaan diatas disederhanakan menjadi :

$$\frac{1}{(C_{B0} - C_{A0})} \ln \frac{(C_{B0} - C_{A0}) - [C_{A0}(1 - X_A)]}{C_{B0}(1 - X_A)} = kt$$

(Smith, 1981)

Jika

$$y = \frac{1}{(C_{B0} - C_{A0})} \ln \frac{(C_{B0} - C_{A0}) - [C_{A0}(1 - X_A)]}{C_{B0}(1 - X_A)}$$

,dari persamaan diatas, dibuat grafik hubungan antara

$$\frac{1}{(C_{B0} - C_{A0})} \ln \frac{(C_{B0} - C_{A0}) - [C_{A0}(1 - X_A)]}{C_{B0}(1 - X_A)}$$

dengan t (waktu). Persamaan ini merupakan persamaan hubungan antara y dengan t, apabila berupa garis lurus hal ini menunjukkan bahwa reaksi diatas mengikuti orde reaksi dua ($n = 2$) sehingga harga k dapat dicari dengan cara *least square*.

Di dalam pembuatan aluminium hidroksida ada beberapa yang mempengaruhi dalam hal kecepatan reaksinya (Levenspiel, 1971), misalnya :

1. Luas permukaan zat

Suatu zat yang berbentuk serbuk mempunyai permukaan yang lebih luas jika dibandingkan zat tersebut dalam bentuk kepingan atau gumpalan yang besar. Jika zat itu di reaksikan dengan zat lain, maka bentuk serbuk akan memiliki bidang sentuhan yang luas untuk bertumbukan dengan zat lain untuk memungkinkan beraksi. Akibatnya reaksi serbuk akan lebih cepat daripada reaksi kepingan yang besar.

2. Konsentrasi

Suatu larutan yang pekat atau mempunyai konsentrasi yang tinggi mengandung molekul-molekul yang lebih rapat daripada larutan encer atau mempunyai konsentrasi rendah. Molekul yang rapat yang letaknya berdekatan tentu lebih mudah dan lebih sering bertabrakan daripada molekul yang agak berjauhan, sehingga menyebabkan makin tinggi konsentrasi larutan reaktan, maka makin besar pula kecepatan reaksinya (berbanding lurus dengan konsentrasi).

3. Suhu

Kecepatan reaksi dipengaruhi oleh suhu reaksi. Hal ini sesuai dengan persamaan Arrhenius (Smith, 1981) & (Perry & Green, 1970) $k = A \cdot e^{-E/RT}$. Dengan

bertambahnya suhu reaksi maka energi kinetik molekul – molekul akan menjadi lebih besar. Akibatnya molekul-molekul yang bereaksi menjadi lebih aktif bertabrakan hal ini berarti bahwa memperbesar suhu akan mengakibatkan reaksi berlangsung dengan lebih cepat.

4. Penambahan katalis

Katalis merupakan zat yang dapat mempercepat suatu reaksi tetapi tidak ikut bereaksi dalam suatu reaksi. Penambahan katalisator memperkecil energi aktivasi, sehingga k menjadi lebih besar sehingga mengakibatkan zat bereaksi berlangsung cepat. Semakin banyak jumlah katalisator yang digunakan semakin banyak pula zat pereaksi yang dapat diaktifkan.

5. Kecepatan pengadukan

Faktor tumbukan antara molekul yang menyebabkan terjadinya reaksi dapat dipengaruhi kecepatan pengadukan. Pengadukan yang semakin cepat akan menimbulkan tumbukan antar molekul yang semakin cepat sehingga kecepatan reaksi semakin cepat pula.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari kinetika reaksi pembuatan aluminium hidroksida dari tawas dan NH_4OH . Adapun variabel yang dipelajari adalah suhu operasi dan kecepatan pengadukan selama reaksi. Dari penelitian ini diharapkan dapat diperoleh data kinetika reaksi pembentukan aluminium hidroksida dari tawas dan NH_4OH dengan memperhatikan beberapa variabel yang berpengaruh terhadap reaksi tersebut dengan cara melakukan percobaan yang dilakukan di laboratorium yang kemudian data dilakukan pengolahan untuk mendapatkan konstanta kinetika reaksinya. Data yang diperoleh dimanfaatkan untuk perancangan alat atau perancangan reaktor untuk pembentukan aluminium hidroksida.

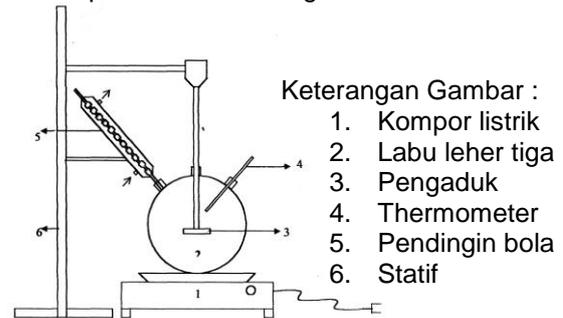
Hipotesa dalam penelitian ini adalah bahwa aluminium hidroksida dapat dibuat dengan mereaksikan tawas dan NH_4OH . Semakin besar suhu maka nilai konstanta kecepatan reaksi akan semakin besar.

Dari penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi kepentingan pembangunan negara antara lain kemajuan industri-industri yang menggunakan bahan aluminium hidroksida sehingga akan menambah devisa negara juga bagi ilmu pengetahuan. Penelitian ini diharapkan dapat sebagai bahan acuan untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

Penelitian dilakukan di laboratorium Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta dengan waktu penelitian ± 4

bulan. Waktu yang diperlukan dalam penelitian meliputi waktu untuk persiapan bahan baku, peralatan, dan studi pustaka, melakukan percobaan pendahuluan, pengumpulan data percobaan, analisis data, serta waktu untuk penyusunan laporan penelitian.

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah tawas dengan kadar $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 58 %, NH_4OH dengan kadar 21%, dan aquades. Rangkaian peralatan proses yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut :

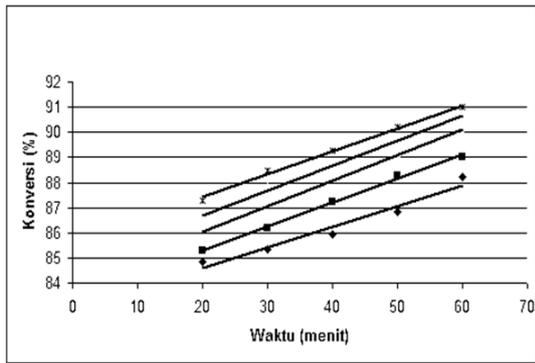


Gambar 1. Rangkaian Alat Percobaan

Sebelum penelitian, peralatan dirangkai seperti Gambar 1. Bahan baku tawas dianalisa kandungan aluminiumnya menggunakan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS). Penelitian dilakukan dengan mereaksikan tawas dan amonium hidroksida dalam sebuah labu leher tiga dengan kecepatan pengadukan, waktu, dan suhu reaksi yang tertentu. Campuran kemudian disaring yang bertujuan untuk memisahkan endapan dari filtratnya. Endapan tersebut diambil sebagai hasil setelah itu di panaskan dalam oven pada suhu tertentu sampai beratnya konstan. Kemudian dilakukan analisa hasil penelitian untuk mengetahui kadar aluminium yang terkandung dengan alat AAS. Selanjutnya dilakukan analisa kualitatif dan analisa kuantitatif dari hasil percobaan untuk mendapatkan konversi reaksi, kondisi operasi yang optimum, dan konstanta kecepatan reaksi.

Hasil dan Pembahasan

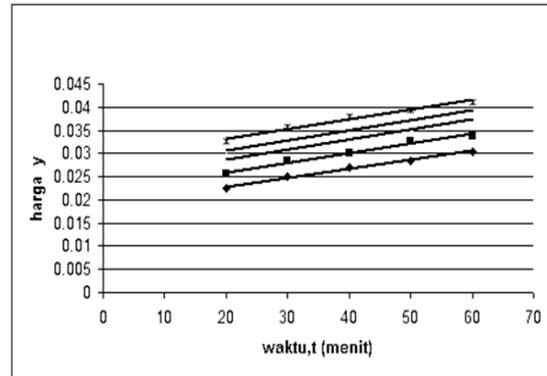
Hasil analisa penelitian dari kinetika reaksi pembuatan aluminium hidroksida dari tawas dengan variabel suhu yang menggunakan 25 gram tawas, 75 ml NH_4OH dan kecepatan pengadukan 600 rpm, dapat ditunjukkan pada grafik berikut :



Gambar 2. Grafik Hubungan antara Waktu Reaksi (t, menit) dan Konversi Reaksi (%)

Pada Gambar 2 menunjukkan bahwa semakin lama waktu reaksi dan semakin tinggi suhu reaksi, maka konversi akan semakin tinggi, hal ini disebabkan karena semakin lama waktu reaksi, maka kesempatan bereaksi antara tawas dengan NH_4OH semakin besar, demikian juga dengan semakin tingginya suhu proses maka konversi yang diperoleh akan semakin tinggi karena konstanta kecepatan reaksi semakin besar pula.

Dari Tabel 2 dibuat grafik hubungan waktu (t, menit) dengan harga y (ml^{-1}), yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Hubungan antara Waktu Reaksi (t, menit) dengan y (ml^{-1})

Dari Gambar 3 dapat dilihat grafik hubungan antara waktu dengan y merupakan garis lurus, sehingga dapat disimpulkan bahwa reaksi antara tawas dengan NH_4OH dengan variabel suhu merupakan reaksi orde dua (orde satu terhadap $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dan orde satu terhadap NH_4OH).

Untuk mengetahui orde reaksi dan konstanta kecepatan reaksi dapat dicari dengan membuat Tabel 3 dan grafik hubungan antara waktu (t, menit) dengan y (ml^{-1}).

Nilai konstanta kecepatan reaksi bisa dihitung dengan metode *least square* dan hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Hubungan antara Waktu (t, menit) dengan y (ml^{-1}).

No	t, menit	$y = \frac{1}{(C_{Bo} - C_{Ao})} \ln \frac{(C_{Bo} - C_{Ao}) - [C_{Ao}(1 - XA)]}{C_{Bo}(1 - XA)}$				
		35	40	45	50	55
1	20	0,02250	0,02550	0,02831	0,03103	0,03257
2	30	0,02510	0,03100	0,03256	0,03275	0,03356
3	40	0,02700	0,03251	0,03420	0,03598	0,03801
4	50	0,02850	0,03406	0,03541	0,03699	0,03940
5	60	0,03050	0,0338	0,03697	0,03899	0,04120

Tabel 3. Hubungan antara Suhu (T, °C) dengan Konstanta Kecepatan Reaksi ($\text{ml}^{-1}/\text{menit}$)

Suhu (T, °C)	Konstanta Kecepatan reaksi ($\text{mL}^{-1}/\text{menit}$)
35	0,0001940
40	0,0001440
45	0,0002016
50	0,0002019
55	0,0002310

Dari Tabel 3 dapat dibuat Gambar 4 yaitu grafik hubungan antara suhu reaksi (T, °C) dengan harga konstanta kecepatan reaksi (k) dalam satuan $\text{mL}^{-1}/\text{menit}$. Data yang diperoleh pada Gambar 4 menunjukkan

bahwa suhu reaksi semakin tinggi maka harga konstanta kecepatan reaksi semakin besar, hal ini sesuai dengan persamaan Arrhenius (Smith, 1981) $k = A \cdot e^{-E/RT}$, yaitu apabila suhu semakin tinggi maka harga konstanta kecepatan reaksi akan bertambah besar.

Hasil analisa penelitian dari kinetika reaksi pembuatan aluminium hidroksida dari tawas dan amonium hidroksida dengan variabel kecepatan pengadukan yang menggunakan tawas (Al_2SO_4) 25 gram, amonium hidroksida (NH_4OH) 75 ml dan suhu 55°C , dapat ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 4. Daftar Hubungan antara Waktu Reaksi (t, menit) terhadap Konversi (x, %)

No	t, men	Konversi (%)				
		200 rpm	300 rpm	400 rpm	500 rpm	600 rpm
1	20	82,69	83,20	84,75	85,97	87,29
2	30	83,48	83,86	85,60	86,81	88,46
3	40	84,07	84,90	86,51	87,92	89,29
4	50	84,76	85,34	87,29	88,76	90,19
5	60	85,50	86,30	88,04	89,90	91,00

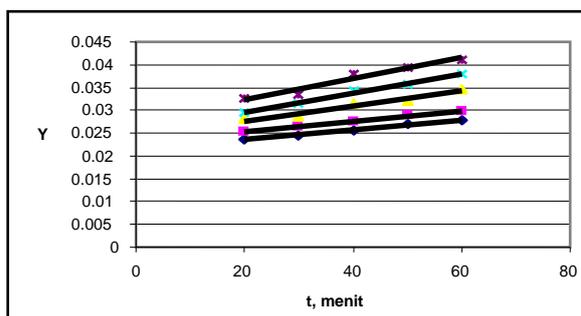
Tabel 4 diatas menunjukkan bahwa semakin lama waktu reaksi dan semakin cepat pengadukan, maka konversi akan semakin tinggi, hal ini disebabkan karena semakin lama waktu reaksi, maka kesempatan bereaksi antara Tawas dengan Amonium hidroksida semakin besar, demikian juga dengan semakin cepat pengadukan maka konversi yang diperoleh akan semakin tinggi dan konstanta kecepatan reaksi semakin besar pula.

Untuk mengetahui konstanta kecepatan reaksi dapat dicari dengan membuat Tabel 5 dan Gambar 6 yaitu grafik hubungan antara waktu reaksi (t, menit) dan

$$Y = \frac{1}{(C_{Bo} - C_{Ao})} \ln \frac{(C_{Bo} - C_{Ao}) - [C_{Ao}(1 - XA)]}{C_{Bo}(1 - XA)}$$

Tabel 5. Hubungan antara Waktu Reaksi (t, menit) dengan Y

No	t, menit	Y				
		$= \frac{1}{(C_{Bo} - C_{Ao})} \ln \frac{(C_{Bo} - C_{Ao}) - [C_{Ao}(1 - XA)]}{C_{Bo}(1 - XA)}$				
		35	40	45	50	55
1	20	0,0236	0,0253	0,0280	0,0295	0,0325
2	30	0,0246	0,0264	0,0287	0,0315	0,0335
3	40	0,0256	0,0277	0,0314	0,0344	0,0380
4	50	0,0270	0,0290	0,0320	0,0356	0,0394
5	60	0,0279	0,0297	0,0347	0,0380	0,0412



Gambar 4. Grafik Hubungan antara Waktu Reaksi (t, menit) dan Y

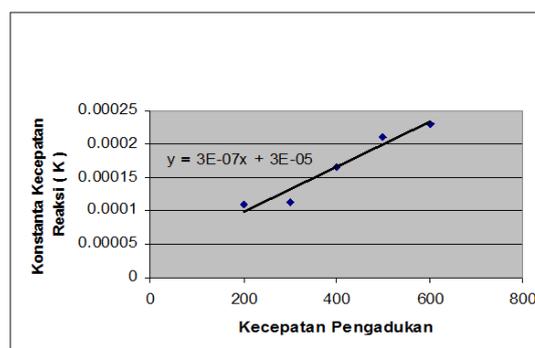
Dari Gambar 4 dapat dilihat grafik hubungan antara waktu terhadap Y merupakan garis lurus sehingga dapat di simpulkan bahwa reaksi antara tawas dan amonium hidroksida dengan variabel kecepatan pengadukan merupakan reaksi orde dua (satu terhadap

tawas dan satu terhadap amonium hidroksida).

Tabel 6. Tabel Hubungan antara Kecepatan Pengadukan dengan Harga Konstanta Kecepatan Reaksi.

Kecepatan Pengadukan (rpm)	Harga konstanta Kecepatan reaksi
200	0,000110
300	0,000114
400	0,000166
500	0,000211
600	0,000231

Nilai konstanta kecepatan reaksi dapat dihitung dengan metoda *least square* dan hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 6 dan dari tabel tersebut dapat dibuat grafik hubungan antara kecepatan pengadukan terhadap harga konstanta kecepatan reaksi. Pada Tabel 6 dan Gambar 5 menunjukkan bahwa semakin cepat pengadukan maka harga konstanta kecepatan reaksi semakin besar.



Gambar 5 . Grafik Hubungan antara Kecepatan Pengadukan (rpm) dengan Harga Konstanta Kecepatan Reaksi (ml⁻¹/menit)

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Aluminium hidroksida dapat dibuat dengan mereaksikan tawas dan NH₄OH.
2. Reaksi antara tawas dengan NH₄OH merupakan reaksi orde dua (orde satu

terhadap $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dan orde satu terhadap NH_4OH).

3. Pada kinetika reaksi pembuatan aluminium hidroksida dari tawas dengan penambahan NH_4OH , semakin besar suhu maka harga konstanta kecepatan reaksi akan semakin besar.
4. Pada kinetika reaksi pembuatan aluminium hidroksida dari tawas dan amonium hidroksida, semakin cepat pengadukan maka harga konstanta kecepatan reaksi yang diperoleh akan semakin besar.
5. Dalam penelitian ini digunakan tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) sebanyak 25 gram, NH_4OH sebanyak 75 ml, pada kecepatan pengadukan 600 rpm pada suhu 55°C (suhu tertinggi dalam penelitian ini), diperoleh konstanta kecepatan reaksi $2,31 \times 10^{-4}$ ($\text{mL}^{-1}/\text{menit}$).

DAFTAR PUSTAKA

- Chang, R. (1980). *Industrial Chemicals 4 ed.* Los Angeles: Departement of Chemical, Williams College.
- Kirk, R. E., & Othmer, D. F. (1964). *Encyclopedia of Chemical Technology.* New York: The International Publisher of John Willey and Sons Inc.
- Levenspiel, O. (1971). *Chemical Reaction Engineering, 2 ed.* Departement of Chemical Engineering, Oregon State University: New York.
- Perry, R. H., & Green. (1970). *Chemical Reaction Hand Book.* New York: Mc Graw – Hill International Edition.
- Raharja, A. (1985). *Teknologi Penjernihan Air dan Perkembangan Teknik Koagulasi, Ed I.* Jakarta: P.T. Perintis Anugrah Water Treatment Chemical.
- Smith, J. M. (1981). *Chemical Engineering Kinetics.* US: McGraw-Hill Inc.