

Oksidasi Larutan Kalium Thiosulfat dalam Ekstrak Abu Tandan Sawit dengan Udara

Gogot Haryono

Jurusan Teknik Kimia FTI UPN "Veteran" Yogyakarta, Jl SWK 104 Condongcatur Yogyakarta

Abstract

Potassium sulphate is a kind of fertilizer which nowadays is still imported. The effort for producing it from different feedstock was investigated by many researchers. This research was an alternative way to produce potassium sulphate from ash of empty palm-bunch. This objective of this research was particularly to study the kinetic of oxidation reaction of potassium sulphate production from extract of ash of empty palm-bunch. The experiment was conducted by filling the reactor with a potassium thiosulphate solution and therefore bubbling air from bottom of the reactor with specified flow rate until steady condition was attained. The product was analyzed at several certain time intervals. Iodometric method was applied for thiosulphate analysis and gravimetric method for sulphate analysis. The experimental results showed that oxidation reaction rate of thiosulphate to sulphate was controlled by the reaction step. Temperature dependence of the rate constant considered by Arrhenius' law, with activation energy (E_a) of 3329.4 cal/mole and frequency factor of 0.2236 menit⁻¹.

Keyword: kettle ash, solid waste, oxidation, potassium thiosulphate,

Pendahuluan

Pupuk Kalium merupakan jenis pupuk yang masih harus diimpor. Usaha untuk menghasilkannya telah banyak dilakukan. Salah satu alternatif yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan abu tandan sawit yang memiliki kadar Kalium cukup besar, sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Abu Tandan Sawit (Zahrina, 2000)

Komponen	Komposisi (%)
SiO ₂	20,2
Ca ²⁺	1,57
Mg ²⁺	2,57
Na ⁺	0,03
K ⁺	21,16
CO ₃ ²⁻	8,27

Ekstrak abu tandan sawit dapat dioksidasi menggunakan udara. Reaksi ini merupakan reaksi heterogen gas-cair. Reaksi dipengaruhi oleh tahanan difusi dari fase gas ke fase cair dan reaksi kimia dalam badan cair. Menurut Juveker dan Sharma (1972), reaksi heterogen gas cair yang dilakukan dalam kolom gelembung, maka difusi gas dalam cairan menentukan kecepatan reaksi; sedangkan bila dilakukan menggunakan bahan isian dengan pengaduk udara maka yang menentukan kecepatan reaksi keseluruhan adalah tahap reaksi kimia dan untuk konsentrasi gas ± 10% penentu kecepatan reaksi adalah difusi dan reaksi kimia.

Apabila kecepatan reaksi secara keseluruhan dikendalikan oleh tahap difusi, dapat dilihat dari pengaruh kecepatan aliran gas terhadap konstanta kecepatan reaksi keseluruhan. Hubungan antara kecepatan aliran gas dengan konstanta kecepatan reaksi berbentuk logaritmik dengan pangkat bilangan Reynold. Jika kecepatan aliran gas berpengaruh terhadap konstanta kecepatan reaksi dan nilai bilangan Reynold lebih besar dari pada 0,5 maka kecepatan reaksi keseluruhan ditentukan oleh difusi. Sedangkan jika kecepatan reaksi keseluruhan dikendalikan oleh reaksi kimia maka pengaruh suhu terhadap konstanta kecepatan

reaksi keseluruhan bersifat eksponensial. Apabila kenaikan suhu mengakibatkan kenaikan konversi yang nyata, yaitu setiap kenaikan 10°C mengakibatkan kenaikan konstanta kecepatan reaksi dua kali lipat atau lebih maka reaksi kimia yang memegang peranan penting. (Johstone dan Thring, 1957)

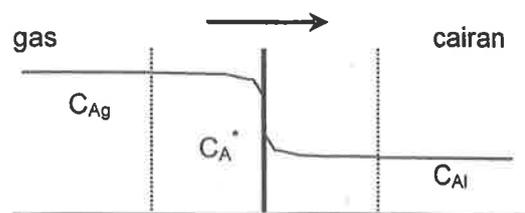
Penelitian ini bertujuan mencari konstanta kecepatan reaksi pembentukan kalium sulfat dari ekstrak abu tandan sawit dengan cara oksidasi sinambung. Adapun variabel yang dipelajari adalah pengaruh kecepatan alir udara dan suhu.

Landasan Teori

Reaksi oksidasi Kalium Tiosulfat dengan udara dalam ekstrak abu tandan sawit dapat dinyatakan sebagai berikut :



Reaksi oksidasi kalium tiosulfat menjadi kalium sulfat merupakan reaksi lambat. Persamaan reaksi (1) merupakan reaksi antara gas dan cairan yang mekanisme reaksinya dapat dijelaskan dengan konsep 2 lapisan film. Sebelum masuk ke dalam fasa cair, oksigen terlebih dahulu melewati lapisan antar fase dan terjadi difusi yang melibatkan tahanan fase gas dan fase cair (Froment dan Bischoff, 1979). Mekanisme reaksi dapat dijelaskan sebagaimana Gambar 1.



Gambar 1. Langkah Reaksi antara O₂ dengan Kalium thiosulfat

Reaksi gas cair :



Mula-mula reaktor diisi larutan B sebanyak V liter dengan konsentrasi C_{B0} . Mulai suatu saat, gas A murni dengan tekanan P_A digelembungkan dari dasar reaktor. Maka terjadi dua proses yang berlangsung seri, yaitu transfer massa A dari fasa gas ke cairan (pelarut) dan reaksi fasa cair antara A terlarut dengan B terlarut.

Kecepatan transfer massa A dari gas ke cairan mengikuti persamaan:

$$N_A = k_c a (C_A^* - C_A) \quad (3)$$

Hubungan kesetimbangan uap-cair mengikuti persamaan:

$$P_A = H_A C_A^* \quad (4)$$

Kecepatan reaksi fasa cair antara A dan B didekati dengan persamaan:

$$r_A = k C_A C_B \quad (5)$$

Reaksi oksidasi kalium tiosulfat kemungkinan dikendalikan oleh : 1). perpindahan massa dan reaksi kimia 2). reaksi kimia saja atau 3). perpindahan massa saja.

1) Perpindahan massa dan reaksi kimia yang mengendalikan

Neraca massa A pada fasa cair adalah :

laju massa masuk - laju massa keluar - laju massa bereaksi = laju akumulasi

$$k_{ca} (C_A^* - C_A) - 0 - k_r C_A C_B V (1 - \varepsilon) = \frac{d}{dt} (V C_B) \quad (6)$$

karena $\varepsilon = 0$, maka harga V cenderung konstan. maka persamaan (6) menjadi :

$$\frac{dC_A}{dt} = k_{ca} (C_A^* - C_A) - k_r C_A C_B \quad (7)$$

Hubungan kesetimbangan diperoleh dari persamaan (4) sebagai berikut :

$$C_A^* = \frac{P_A}{H_A} \quad (8)$$

Neraca massa B (tiosulfat) pada fasa cair, diperoleh :

Laju massa masuk - laju massa keluar - laju massa bereaksi = laju akumulasi

$$0 - 0 - k_r C_A C_B V (1 - \varepsilon) = \frac{d}{dt} (V C_B) \quad (9)$$

$$\frac{dC_B}{dt} = -\frac{1}{2} k_r C_A C_B (1 - \varepsilon) \quad (10)$$

kondisi batas : $t=0; C_A=0; C_B=C_{B0}$

Persamaan di atas adalah persamaan differensial ordiner simultan order dua yang dapat diselesaikan secara numerik dengan minimasi Hooke Jeeves. (Sediawan, 1997)

2) Reaksi kimia yang mengendalikan

Bila reaksi kimia berlangsung sangat lambat maka konsentrasi oksigen terlarut (C_A) dianggap tetap dan

mendekati nilai jenuhnya atau dianggap selalu mencapai keadaan kesetimbangan antara fase cair dan fase gas. Oleh karenanya tidak perlu meninjau neraca massa A.

Neraca massa B dalam fase cair adalah :

laju massa masuk - laju massa keluar - laju massa bereaksi = laju akumulasi

$$0 - 0 - \frac{1}{2} k_r C_A C_B V (1 - \varepsilon) = \frac{d}{dt} (V C_B) \quad (11)$$

karena $\varepsilon = 0$ maka harga V cenderung konstan, sehingga persamaan (11) menjadi :

$$\frac{dC_B}{dt} = -\frac{1}{2} k_r C_A C_B \quad (12)$$

karena $X_A = \frac{C_{B0} - C_B}{C_{B0}}$ dan $C_A = C_A^* = \frac{P_A}{H_A}$,

maka persamaan (12) menjadi:

$$-\ln(1 - X_A) = \frac{1}{2} k_r \left(\frac{P_A}{H_A} \right) t + C \quad (13)$$

Harga k, dapat ditentukan secara analitik dengan membuat grafik antara $\ln(1 - X_A)$ terhadap waktu (t).

3) Perpindahan massa yang mengendalikan

Jika reaksi kimia berlangsung sangat cepat dibanding transfer massa, maka A yang terlarut dalam cairan segera bereaksi dengan B, sehingga konsentrasi A dalam cairan (C_A) dianggap nol. Maka tidak diperlukan persamaan kecepatan reaksi, karena kecepatan reaksi dikontrol oleh transfer massa A. Kecepatan reaksi selalu sama dengan transfer massa.

Neraca massa B dalam larutan adalah :

$$0 - 0 - k_{ca} (C_A^* - C_A) V (1 - \varepsilon) = \frac{d}{dt} (V C_B) \quad (14)$$

karena $\varepsilon = 0$ maka harga V cenderung konstan, maka persamaan (14) menjadi

$$\frac{dC_B}{dt} = -k_{ca} (C_A^* - C_A) \quad (15)$$

karena $C_A^* = \frac{P_A}{H_A}$, dan $C_A \approx 0$ maka persamaan (15)

setelah diintegrasikan, diperoleh:

$$C_B = -k_{ca} \left(\frac{P_A}{H_A} \right) t + C \quad (16)$$

dengan kondisi batas: $t=0; C_B=C_{B0}$

Persamaan (16) dapat dituliskan sebagai berikut :

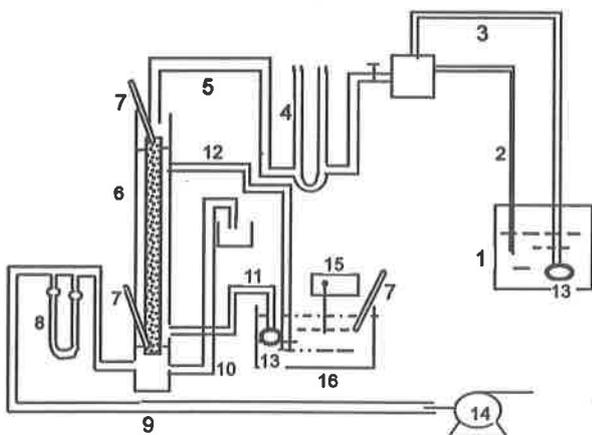
$$C_B = C_{B0} - k_{ca} \left(\frac{P_A}{H_A} \right) t \quad (17)$$

Metodologi**Bahan**

- Bahan baku berupa tandan sawit diperoleh dari PT. Perkebunan Nusantara V, Riau. Larutan H_2SO_4 , 2N dan $Na_2S_2O_3$, 0,2N.
- Udara

Alat.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian berupa reaktor kolom, disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Alat Penelitian

Keterangan :

1. penampung umpan	9. pipa udara masuk
2. pipa overflow	10. pipa cairan hasil
3. pipa umpan	11. air pemanas masuk
4. orificemeter	12. air pemanas keluar
5. umpan cairan masuk	13. pompa
6. reaktor kolom	14. kompresor
7. termometer	15. pengatur suhu
8. flowmeter udara	16. pemanas air

Cara Percobaan**a. Persiapan Bahan**

Bahan yang berupa tandan sawit, dibakar pada suhu $600^\circ C$ sampai terbakar sempurna. Abu tandan sawit kemudian dihaluskan dan diayak hingga lolos ukuran 30 mesh. Larutan Kalium tiosulfat dibuat dengan cara melarutkan abu tandan sawit dengan asam sulfat dan larutan natrium tiosulfat, selanjutnya dianalisa kadar tiosulfatnya.

b. Percobaan Utama

Mula-mula reaktor berbentuk tegak berbahan isian butiran gelas, diisi dengan larutan Kalium tiosulfat sampai penuh (volume cairan yang masuk diukur), udara dialirkan dengan terlebih dahulu ditentukan kecepatannya. Cairan yang meluap diukur volumenya, volume cairan yang tertahan dalam reaktor sama dengan selisih antara volume awal dengan volume yang meluap. Umpan larutan dialirkan dari bagian atas reaktor, proses dijalankan sampai keadaan konstan. Setelah waktu tinggal tertentu, cuplikan dianalisa kadar tiosulfatnya secara iodometri dan kadar sulfatnya dengan cara gravimetri. (Vogel, 1983)

Hasil dan Pembahasan

Hasil-hasil penelitian disajikan pada Tabel 2, 3 dan 4.

waktu (menit)	Konversi (X)			
	Kecepatan Alir Udara (ml/menit)			
	730	1550	1980	2320
5	0,009373	0,0141623	0,018647	0,029036
10	0,011200	0,0160139	0,023539	0,032197
15	0,014090	0,0175462	0,027717	0,038754
20	0,014282	0,0213507	0,033066	0,0042737
25	0,018246	0,0222252	0,029256	0,046239
30	0,018579	0,0290075	0,041371	0,052865

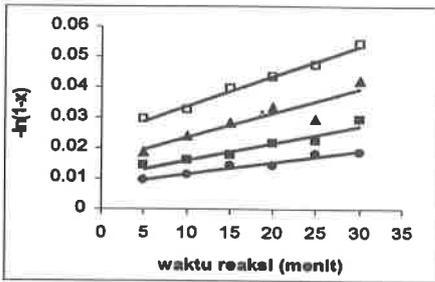
Tabel 2. Perbandingan Konsentrasi larutan Tiosulfat Percobaan dan Perhitungan

G ml/mnt	V _L mL	waktu menit	C _a data mol/L	C _a hitung mol/L	kca menit ⁻¹	kr L/mol.mnt	ralat (%)
730	400	5	0,000567629	0,000599	0,45	0,01	0,0561
		10	0,000566582	0,000598			
		15	0,000564926	0,000597			
		20	0,000564816	0,000596			
		25	0,000562545	0,000595			
1550	390	30	0,000562354	0,000594	0,086	0,019	0,0592
		5	0,000564885	0,000598			
		10	0,000563824	0,000597			
		15	0,000562946	0,000595			
		20	0,000560766	0,000594			
1980	250	25	0,000560265	0,000592	0,24	0,02	0,0657
		30	0,000556379	0,000591			
		5	0,000562315	0,000598			
		10	0,000559512	0,000596			
		15	0,000557118	0,000594			
2320	150	20	0,000554053	0,000592	0,04	0,04	0,0751
		25	0,000556236	0,00059			
		30	0,000549294	0,000588			
		5	0,000556362	0,000597			
		10	0,000554551	0,000595			
		15	0,000550794	0,000592			
		20	0,000548512	0,00059			
		25	0,000546505	0,000587			
		30	0,000542708	0,000585			

Pengaruh Kecepatan Aliran Udara

Hasil penelitian tentang pengaruh kecepatan aliran udara terhadap konversi disajikan pada Tabel 3 dan Gambar 3.

Tabel 3. Pengaruh Kecepatan Aliran Udara terhadap Konversi



Gambar 3. Hubungan $\ln(1-x)$ dengan Waktu pada berbagai Kecepatan Alir Udara (ml/menit): (•), 730; (■), 1550; (▲), 1980; (□), 2320.

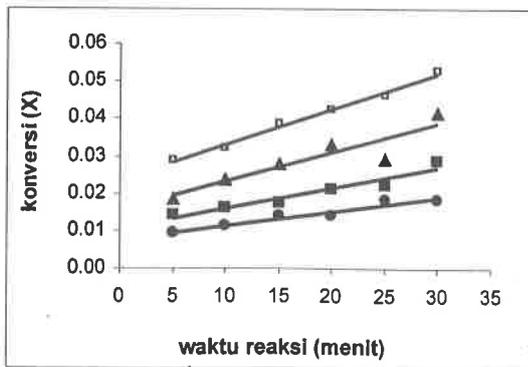
Berdasarkan data pada Tabel 3, diperoleh bahwa semakin besar kecepatan alir udara maka, konversi semakin besar. Harga k_r dapat ditentukan dari grafik $-\ln(1-X)$ dengan t . Konversi yang relatif baik diperoleh pada kecepatan udara 2320 ml/menit. Konversi yang didapat berbanding lurus terhadap kecepatan alir udara. Dari hasil percobaan konversi yang didapat sangat kecil, hal ini disebabkan karena pengaturan waktu kontak dan distribusi oksigen menjadi kendala dalam percobaan ini.

Pengaruh Suhu

Hasil penelitian tentang pengaruh suhu terhadap konversi disajikan pada Tabel 4 dan Gambar 4.

Tabel 4. Pengaruh Suhu terhadap Konversi

waktu (menit)	Konversi (X)			
	Suhu Reaksi (K)			
	313	323	333	343
5	0,009373	0,0141623	0,018647	0,029036
10	0,011200	0,0160139	0,023539	0,032197
15	0,014090	0,0175462	0,027717	0,038754
20	0,014282	0,0213507	0,033066	0,042737
25	0,018246	0,0222252	0,029256	0,046239
30	0,018579	0,0290075	0,041371	0,052865



Gambar 4. Hubungan Konversi terhadap Waktu pada berbagai Suhu (K): (•), 313; (■), 323; (▲), 333; (□), 343.

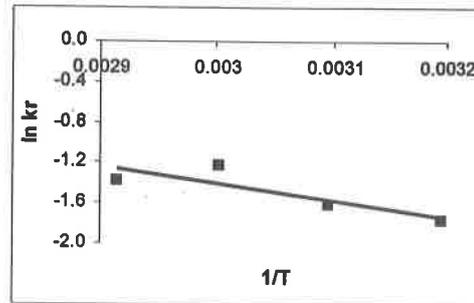
Tabel 4 menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu, maka konversi semakin meningkat pula. Konversi yang relatif baik diperoleh pada suhu 343 K. Suhu yang semakin tinggi

akan menurunkan energi aktivasi sehingga kecepatan reaksi meningkat, hal ini akan berakibat konversi yang diperoleh pada waktu tertentu juga meningkat. Namun demikian konversi yang didapat pada percobaan ini sangat kecil, hal ini dikarenakan pengaturan kontak reaktan berpengaruh terhadap distribusi suhu menjadi kendala dalam percobaan ini.

4.3 Penentuan persamaan untuk k_r

Tabel 5. Hubungan antara Suhu dengan k_r

T	1/T	$k_r \ln$	k_r
313	0,003194888	0,17	-1,7719568
323	0,003095975	0,2	-1,60943791
333	0,003095975	0,294	-1,22417551
343	0,002915452	0,25	-1,38629436



Gambar 5. Hubungan $\ln k_r$ dengan $1/T$

Berdasarkan hubungan $\ln k_r$ dengan $1/T$ dengan diperoleh $k_r = 0,2236 e^{-3329,4/RT}$.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka disimpulkan bahwa : Kecepatan reaksi oksidasi pada pembentukan kalium sulfat dengan bahan baku ekstrak abu tandan sawit secara sinambung ditentukan oleh reaksi kimia. Pengaruh suhu terhadap konstanta kecepatan reaksi mengikuti persamaan Arrhenius, dengan harga $k_r = 0,2236 e^{-3329,4/RT}$, dengan nilai Energi Aktivasi (E_a) sebesar 3329,4 kal/mol dan Faktor frekuensi sebesar 0,2236 menit⁻¹.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Saudara Rika Astaria dan Yunita N. F. yang telah membantu pengumpulan data.

Daftar Notasi

- P_A = tekanan, atm
- T = suhu, K
- E = energi aktivasi, cal/mol
- C_A = konsentrasi gas O_2 dalam cairan, mol/L
- = konsentrasi gas O_2 pada antar muka fasa, mol/L
- C_B = konsentrasi larutan tiosulfat, mol/L
- C_{B0} = konsentrasi larutan tiosulfat mula-mula, mol/L
- k_{ca} = koefisien perpindahan massa O_2 dari film cair ke fasa cair, menit⁻¹
- k_r = konstantan kecepatan reaksi, L/mol. menit
- X = konversi
- H_A = konstantan Henry
- t = waktu reaksi
- ϵ = porositas bed

Daftar Pustaka

- Froment, G. P. dan K. B. Bischoff, 1979, *Chemical Reactor Analysis and Design*, 2nded, pp 253-314, Joh Willey and Sons inc., New York
- Johstone, R.E. dan M.W. Thring, 1957, *Pilot Plant, Models and Scale up Methods in Chemical Engineering*, pp 60-77, McGraw-Hill Book Co. Inc., New York
- Juvekar, V. A dan M. M. Sharîna, 1972, Absorbtion of CO₂ in a Suspention of Lime, *Chemical Engineering Sci.* 28, 825-837
- Perry, D. H., D. W. Green dan J. D. Maloney, 1984, *Chemical Engineering Handbook*, 6nd, McGraw-Hill Book Co. Inc., Toronto
- Sediawan, W. B., 1997, *Permodelan Matematis dan penyelesaian Numeris dalam Teknik Kimia*, hal 183-192, Andi, Yogyakarta
- Vogel, A. I., 1983, *Quantitative Inorganic Analysis*, 2nd, pp 223-225, Longmans Green and Co., London
- Zahrina, Ida, 2000, *Studi Evaluasi Efektivitas Katalis Abu Tandan Sawit pada Metanolisis Stearin*, Tesis Magister, ITB, Bandung