

PENGARUH SUHU PADA REAKSI PEMBUATAN KALIUM SULFAT DARI EKSTRAK ABU DAN ASAM SULFAT DALAM REAKTOR BATCH

Margono dan Endah Retno Dyartanti

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta

Abstract : The extract of ash from agriculture waste contains potassium in the form of potassium carbonate and potassium bicarbonate. These potassium compounds are the source of potassium for fertilizer. The potassium fertilizer should be in the neutral compound, i.e. potassium sulfat (K_2SO_4). The objective of the research was to study the effects of changing temperature to the kinetics of reaction between potassium carbonate (K_2CO_3) and sulfuric acid (H_2SO_4). The researchs were performed in batch reactor isothermally and varied of temperature from 30 up to 60 °C. The effects of temperature to the reaction rate constant could be approached by Arrhenius Equation as follows:

$$\text{Ash of rice hull : } k = 38.861e^{\frac{-51.28}{RT}}$$

The average of error is 18.8 %.

$$\text{Ash of nut husk : } k = 1.489e^{\frac{-0.1717}{RT}}$$

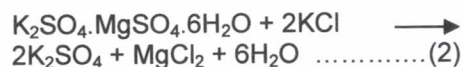
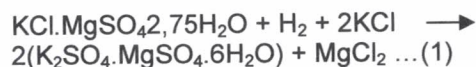
The average of error is 29.06 %.

Keywords: The extract of ash, rice hull, nut husk, The reaction rate constant, potassium carbonat, sulfuric acid.

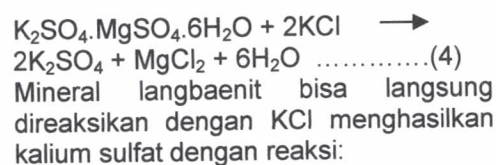
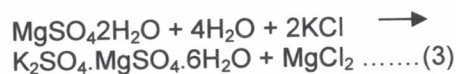
PENDAHULUAN

Kalium merupakan unsur yang dibutuhkan oleh tumbuh-tumbuhan selain nitrogen dan fosfat. Sampai saat ini Indonesia masih mengimpor pupuk kalium untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Di negara-negara yang sudah memproduksi K_2SO_4 , senyawa ini dibuat melalui proses fisis dan kimia (Kirk and Othmer, 1982). Sebagai sumber kalium biasanya didapatkan dari bahan tambang.

Di Sicilia, K_2SO_4 dibuat dengan menguraikan mineral kainit ($KCl \cdot MgSO_4 \cdot 7.5H_2O$) menjadi scaenit kemudian menjadi K_2SO_4 . Reaksi yang berlangsung adalah sebagai berikut:



Sekitar separuh produk kalium sulfat di dunia diperoleh dengan mereaksikan KCl dan $MgSO_4$. Reaksi yang berlangsung adalah sebagai berikut:



Indonesia tidak memiliki tambang yang kaya kalium, tetapi di Inodensia memiliki sumber kalium nabati. Sumber kalium nabati antara lain dari abu limbah pertanian, yaitu kulit buah kapuk, batang pisang, dan jerami. (Agra, 1975)

Abu limbah pertanian jika diekstrak maka akan menghasilkan ekstrak abu yang mengandung senyawaan kalium berupa K_2CO_3 . Pengolahan ekstrak abu menjadi senyawa lain yang lebih bernilai ekonomi telah dirintis. Prastowo (1993) telah meneliti pembuatan pupuk kalium sulfat dari ekstrak abu pelepah batang pisang dan air kawah pada suhu 30 °C selama 35 menit dan diperoleh yield

67,67% dengan harga konstanta kecepatan reaksi sebesar $0,0005 \text{ men}^{-1}$.

Putera dkk (2002) meneliti pembuatan pupuk kalium sulfat dari ekstrak abu sekam padi dan gas sulfur dioksida pada reaktor unggun tetap. Percobaan pada suhu 30°C diperoleh konstanta kecepatan reaksi sebesar $0,007 \text{ detik}^{-1}$ atau $0,51 \text{ menit}^{-1}$.

DASAR TEORI

Ekstrak abu bila direaksikan dengan asam sulfat akan membentuk kalium sulfat. Reaksi yang terjadi dapat dituliskan sebagai berikut:



Reaksi ini merupakan reaksi homogen. Pada reaksi homogen, variable yang berpengaruh terhadap kecepatan reaksi adalah konsentrasi zat pereaksi dan zat hasil atau komposisi campuran dalam reaksi, tekanan, dan suhu reaksi. (Agra, 1986)

Berdasarkan asumsi bahwa reaksi tersebut merupakan reaksi elementer maka persamaan kecepatan reaksi dapat dituliskan seperti berikut:

$$-r_A = -\frac{dC_A}{dt} = kC_A C_B \dots\dots\dots(7)$$

dengan,

C_A : konsentrasi kalium karbonat, mol/L

C_B : konsentrasi asam sulfat, mol/L

k : konstanta kecepatan reaksi, $\text{L}^2/\text{mol}.\text{min}$

t : waktu, menit

Setelah reaksi berlangsung dalam waktu t menit, kalium karbonat (A) telah terkonversi sebesar x_A , maka konsentrasi $C_A = C_{A0}(1 - x_A)$ dan konsentrasi asam sulfat (B) sisa sebesar $C_B = C_{B0} - C_{A0} \cdot x_A$ dan disubstitusikan pada persamaan (7). Persamaan (7) berubah menjadi sebagai berikut:

$$\frac{dx_A}{dt} = kC_{A0}(1 - x_A)(M - x_A) \dots\dots\dots(8)$$

dengan,

$$M = \frac{C_{B0}}{C_{A0}}$$

Persamaan (8) dapat diselesaikan menggunakan integrasi dengan nilai batas pada saat $t = 0$ menit konversi $A = 0$ dan $t = t$ menit konversi $A = x_A$. Hasil integrasi dengan nilai batas tersebut dituliskan dalam persamaan (9) seperti berikut:

$$\ln \frac{(M - x_A)}{M(1 - x_A)} = kC_{A0}(M - 1)t \dots\dots\dots(9)$$

Apabila persamaan (9) tersebut diplot dalam bentuk grafik antara $\ln \frac{(M - x_A)}{M(1 - x_A)}$ versus t maka didapat grafik

berupa garis lurus dengan kemiringan $kC_{A0}(M - 1)$.

Ketergantungan pada suhu reaksi ditunjukkan pada harga k . Ketergantungan k pada suhu reaksi ditunjukkan oleh persamaan Arrhenius sebagai berikut (Levenspiel, 1975):

$$k = Ae^{\frac{-E}{RT}} \dots\dots\dots(10)$$

atau

$$\ln k = \ln A + \left(-\frac{E}{R}\right) \frac{1}{T} \dots\dots\dots(11)$$

dengan,

A : faktor tumbukan

E : energi aktivasi, $\text{L}.\text{atm}/\text{mol}.\text{K}$

R : tetapan gas ideal, $\text{L}.\text{atm}/\text{mol}.\text{K}$

T : suhu reaksi, K

Jika diplot grafik antara $\ln k$ dengan $1/T$ maka diperoleh garis lurus dengan kemiringan $(-E/R)$ dan intersep $\ln A$.

METODE PENELITIAN

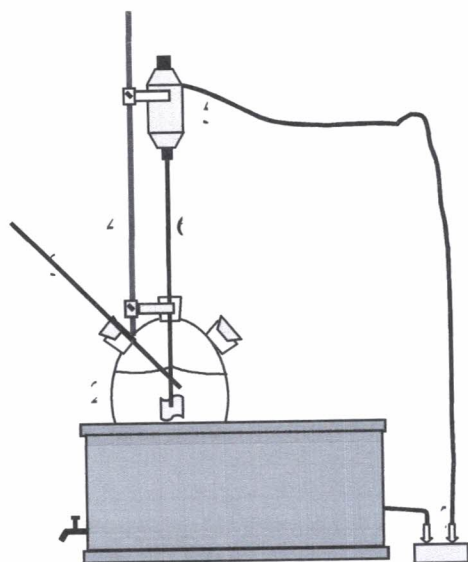
Bahan dan Alat

Ekstrak abu sekam padi dan kulit kacang tanah. Abu dari sekam padi dan kulit kacang tanah secara terpisah dicampur dengan air dengan perbandingan air : abu = 5 : 3. Campuran diaduk rata dan didiamkan selama satu minggu sambil sesekali diaduk. Pengadukan dan waktu yang cukup lama bertujuan untuk mengekstrak abu semaksimal mungkin. Kemudian dipisahkan abu dan air dengan disaring. Air hasil penyaringan digunakan sebagai ekstrak abu. Setelah

dianalisa diperoleh kadar K_2CO_3 pada ekstrak abu sekam padi sebesar 0,004125 M dan ekstrak abu kulit kacang tanah sebesar 0,0072 M.

Asam sulfat. Konsentrasi asam sulfat 0,02 N.

Alat berupa reaktor batch berpengaduk yang dibuat dari labu leher tiga. Pemanas menggunakan *water bath*. Rangkaian alat selengkapnya ditunjukkan dalam Gambar 1.



Keterangan Gambar :

1. *Water Bath*
2. Labu leher tiga
3. Termometer
4. Statip
5. Motor listrik
6. Pengaduk
7. Stop kontak

Gambar 1. Rangkaian Alat Penelitian

Cara Penelitian

Ekstrak abu dan H_2SO_4 dipanaskan secara terpisah sampai suhu operasi yang digunakan. Diukur ekstrak abu sebanyak 300 ml dan dimasukkan dalam labu leher tiga (reaktor). Ditambahkan asam sulfat sehingga perbandingan mol K_2CO_3 : $H_2SO_4 = 1 : 1,5$. Pengaduk dihidupkan dan suhu dijaga konstan. Sampel diambil setiap 15 menit dan dianalisa

sisanya asam sulfat untuk menghitung K_2CO_3 yang telah bereaksi. Reaksi berlangsung sekitar 75 menit. Percobaan dilakukan pada suhu 30 °C, 40 °C, 50 °C, dan 60 °C. Percobaan dilakukan dengan cara yang sama antara ekstrak abu sekam padi dan kulit kacang tanah.

Data konversi K_2CO_3 fungsi waktu digunakan untuk menghitung konstanta kecepatan reaksi menggunakan persamaan (9). Konstanta kecepatan reaksi terhitung sebagai fungsi suhu digunakan untuk mencari hubungan konstanta kecepatan reaksi fungsi suhu menggunakan persamaan (11).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh suhu pada konstanta kecepatan reaksi dipelajari pada kisaran suhu 30 °C, 40 °C, 50 °C, dan 60 °C. Cuplikan diambil setiap 15 menit sehingga didapatkan data konsentrasi pereaksi fungsi waktu. Dalam penelitian ini dibandingkan antara pereaksi dari ekstrak abu sekam padi dan ekstrak abu kulit kacang tanah.

Ekstrak abu sekam padi

Hasil percobaan reaksi menggunakan abu sekam padi dan asam sulfat dilakukan dengan perbandingan konsentrasi awal ($M = C_{B0}/C_{A0}$) 1,5. Hasil selengkapnya konversi K_2CO_3 fungsi waktu ditunjukkan pada Tabel 1.

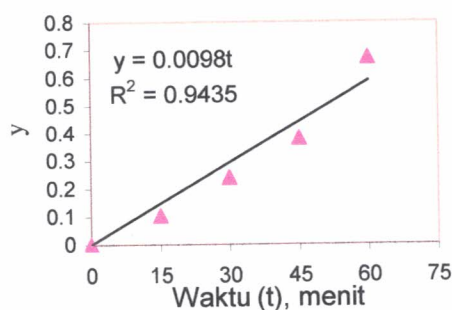
Grafik hubungan antara $\ln \frac{(M - x_A)}{M(1 - x_A)}$ dengan waktu reaksi berda-

sarkan data pada Tabel 1 ditunjukkan pada Gambar 2 sampai Gambar 5.

Percobaan menggunakan abu sekam padi dilakukan pada $C_{A0} = 0,0041$ M. Kemiringan grafik pada Gambar 2 adalah 0,0098. Kemiringan grafik sama dengan $kC_{A0}(M-1)$. Karena harga $C_{A0} = 0,0041$ M dan $M = 1,5$ maka diperoleh konstanta kecepatan reaksi (k) sebesar 4,781 L²/mol.menit.

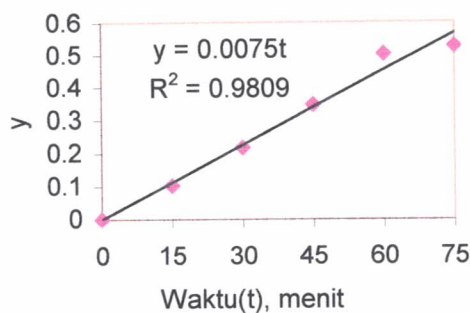
Tabel 1. Konsentrasi pereaksi fungsi waktu. Suhu reaksi 30°C.

t menit	X _A T=30 °C	X _A T=40 °C	X _A T=50 °C	X _A T= 60°C
0	0.000	0.000	0.000	0.000
15	0.248	0.248	0.342	0.368
30	0.448	0.422	0.555	0.662
45	0.582	0.555	0.662	0.768
60	0.742	0.662	0.742	0.848
75	0.848	0.675	0.822	0.902



Gambar 2. Hubungan y ($=\ln(M-x_a)/M(1-x_a)$) dengan waktu pada suhu 30 °C

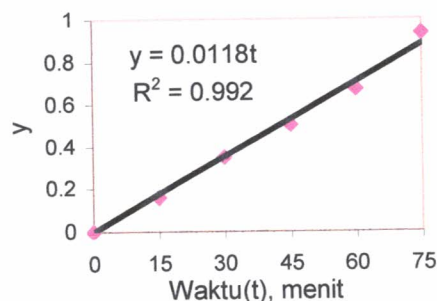
Hasil percobaan pada suhu 40 °C ditunjukkan pada Gambar 3. Kemiringan grafik 0,0075, sehingga diperoleh harga k sebesar 3,659 L²/mol/menit.



Gambar 3. Hubungan y ($=\ln(M-x_a)/M(1-x_a)$) dengan waktu pada suhu 40 °C.

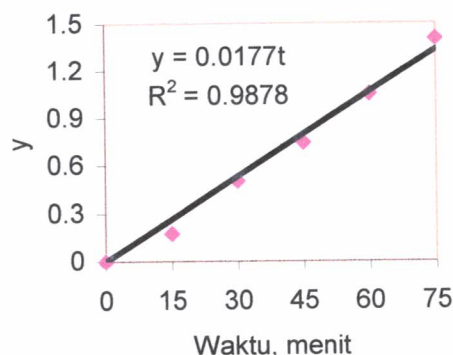
Hasil percobaan pada suhu 50 °C ditunjukkan pada Gambar 4.

Kemiringan grafik pada Gambar 4 sebesar 0,0118, sehingga diperoleh harga konstanta kecepatan reaksi $k = 5,756$ L²/mol.menit.



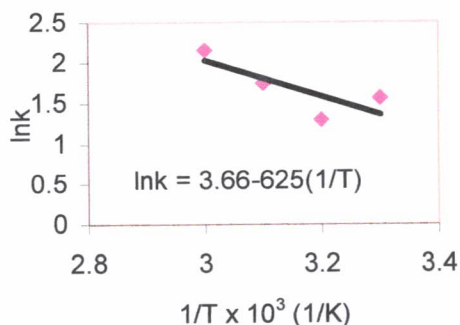
Gambar 4. Hubungan y ($=\ln(M-x_a)/M(1-x_a)$) dengan waktu pada suhu 50 °C.

Hasil percobaan pada suhu 60 °C ditunjukkan pada Gambar 5. Kemiringan grafik 0,0177, sehingga diperoleh konstanta kecepatan reaksi $k = 8,630$ L²/mol.menit.



Gambar 5. Hubungan y ($=\ln(M-x_a)/M(1-x_a)$) dengan waktu pada suhu 60°C.

Hubungan konstanta kecepatan reaksi fungsi suhu ditunjukkan oleh persamaan (11). Grafik hubungan $\ln k$ fungsi $1/T$ ditunjukkan dalam Gambar 6 dan diperoleh harga $A = 38,861$ L²/mol.menit dan $E = 51,28$ L.atm/mol.K. Jadi, semakin besar suhu maka semakin besar harga k dan mengikuti persamaan Arrhenius.



Gambar 6. Hubungan $\ln k$ fungsi $1/T$ pada ekstrak abu sekam padi.

Bentuk hubungan konstanta kecepatan reaksi fungsi suhu didekati dengan persamaan seperti berikut:

$$k = 38,861e^{\frac{51,28}{RT}} \dots\dots\dots(12)$$

dengan ralat rata-rata 18,8%.

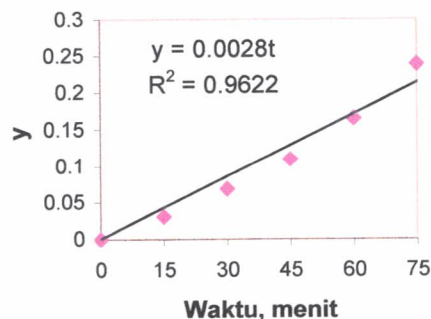
Ekstrak abu kulit kacang tanah

Hasil percobaan reaksi menggunakan abu kulit kacang tanah dan asam sulfat dilakukan dengan perbandingan konsentrasi awal ($M=C_{B0}/C_{A0}$) 1,39 dan konsentrasi awal kalium karbonat C_{A0} 0,0072 M. Hasil selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 2.

Hasil percobaan pada suhu 30 °C ditunjukkan pada Gambar 7. Kemiringan grafik 0,0028 sehingga diperoleh konstanta kecepatan reaksi $k = 0,997 \text{ L}^2/\text{mol}.\text{menit}$.

Tabel 2. Konsentrasi pereaksi fungsi waktu. Suhu 30°C

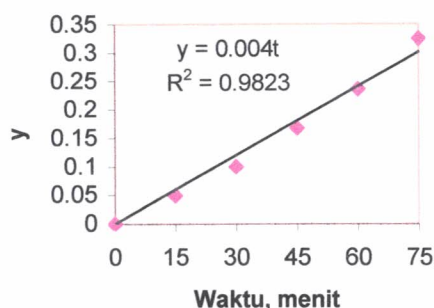
T menit	X_A T=30 °C	X_A T=40 °C	X_A T=60 °C
0	0.0	0.0	0.000
15	0.10	0.151	0.243
30	0.20	0.273	0.395
45	0.29	0.395	0.548
60	0.39	0.487	0.639
75	0.49	0.578	0.685



Gambar 7. Hubungan $y (= \ln(M-X_a)/M(1-X_a))$ fungsi waktu pada suhu 30 °C.

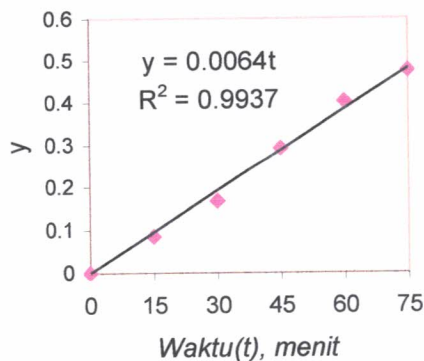
Hasil percobaan pada suhu 30 °C menunjukkan bahwa data reaksi memenuhi pendekatan reaksi total order 2. Sedangkan percobaan yang telah dilakukan oleh Prastowo dan Putera menggunakan pendekatan reaksi order 1. Harga k pada penelitian ini lebih besar dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, hal ini karena reaksi yang terjadi merupakan reaksi homogen dan asam sulfat yang digunakan berasal dari laboratorium yang bebas dari bahan pengotor lain (yang terdapat pada bahan alam).

Hasil percobaan pada suhu 40 °C ditunjukkan pada Gambar 8. Kemiringan grafik 0,004 sehingga diperoleh harga $k = 0,997 \text{ L}^2/\text{mol}.\text{menit}$.



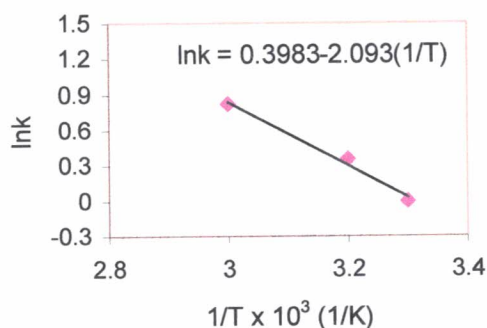
Gambar 8. Hubungan $y (= \ln(M-X_a)/M(1-X_a))$ fungsi waktu pada suhu 40°C

Hasil percobaan pada suhu 60 °C ditunjukkan pada Gambar 9. Kemiringan grafik 0,0064 sehingga diperoleh harga $k = 2,279 \text{ L}^2/\text{mol}.\text{menit}$.



Gambar 9. Hubungan y ($=\ln(M-X_a)/M(1-X_a)$) fungsi waktu pada suhu 60°C .

Hubungan konstanta kecepatan reaksi fungsi suhu pada persamaan (11) ditunjukkan dalam grafik pada Gambar 10.



Gambar 10. Hubungan $\ln k$ fungsi $1/T$ pada ekstrak abu kacang tanah.

Berdasarkan Gambar 10, karena $\ln A = 0,3983$ maka diperoleh $A = 1,489 \text{ L}^2/\text{mol}.\text{menit}$, sedangkan $-E/R = -2,093$ maka $E = 0,1717 \text{ L}.\text{atm}/\text{mol}.\text{K}$. Jadi, hubungan konstanta kecepatan reaksi dengan suhu dinyatakan dalam persamaan :

$$k = 1,489e^{-\frac{0,1717}{RT}} \dots\dots\dots(13)$$

dengan ralat rata-rata sebesar 29,06%.

Berdasarkan persamaan (12) dan (13), terlihat bahwa energi aktivasi dan factor tumbukan kedua bahan pereaksi (abu sekam padi dan abu kulit kacang tanah) berbeda dan harga pada abu sekam padi lebih tinggi. Perbedaan

ini terjadi karena digunakan bahan alam yang memiliki karakteristik berbeda walaupun secara teoritis sama-sama dipertimbangkan sebagai kalium karbonat.

KESIMPULAN

Ada 2 kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil percobaan di atas, yaitu:

1. Hubungan konstanta kecepatan reaksi (k) dapat didekati dengan persamaan Arrhenius dan dinyatakan sebagai berikut:
Abu sekam padi

$$k = 38,861e^{-\frac{51,28}{RT}}$$

dengan ralat rata-rata 18,8%.

Abu kulit kacang tanah

$$k = 1,489e^{-\frac{0,1717}{RT}}$$

dengan ralat rata-rata 29,06%.

2. Harga A dan E pada abu sekam padi lebih tinggi dibandingkan dengan abu kulit kacang tanah. Artinya pereaksi dari abu sekam padi lebih reaktif dibanding dari abu kulit kacang tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Agra, IB., 1974, *Pemanfaatan Senyawaan Kalium dari Abu*, Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta, pp. 1-3.
- Kirk, R.E., and Othmer, M.W., 1996, *Encyclopedia of Chemical Technology*, vol. 19, 4thed., pp. 1075-1079, John Wiley and Sons, New York.
- Levenspiel, O., 1975, *Chemical Reaction Engineering*, 2nd ed., pp. 21-22, 41-50, Willey Eastern Ltd., New Delhi.
- Prastowo, T., 1993, *Pembuatan Kalium Sulfat dari Ekstrak Abu Pelepah Pisang dan Air Kawah*, pp. 17-23, Universitas Pembangunan Nasional Veteran, Yogyakarta.
- Putera, B., 2002, *Pembuatan Pupuk Kalium Sulfat dari Ekstrak Abu dan Gas Sulfur Dioksida pada Reaktor Unggun Tetap*, pp. 14-15, Fakultas Teknik, UNS Surakarta.