

## Kinetika Reaksi Pembentukan Kalium Sulfat dari Ekstrak Abu Janjang Kelapa Sawit dan Asam Sulfat

Mierna Tri Andini<sup>\*)</sup>, Darwati, Retno Dewati

Program Studi Teknik Kimia, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur  
Jalan Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya 60294 Indonesia  
<sup>\*)</sup>Corresponding author :mierna.andini48@gmail.com

Received 25 Februari 2020; Accepted 20 April 2020; Available online 31 Juli 2020

### Abstrak

Abu janjang kelapa sawit mengandung banyak unsur kalium sehingga dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Pada penelitian ini dilakukan pembentukan kalium sulfat ( $K_2SO_4$ ) dengan mereaksikan kalium oksida ( $K_2O$ ) yang terdapat pada ekstrak abu janjang kelapa sawit dan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh suhu dan waktu terhadap kecepatan pembentukan kalium sulfat serta untuk menentukan orde reaksi dan konstanta kecepatan reaksi pembentukan kalium sulfat. Prosedur penelitian dimulai dengan mengekstrak abu janjang kelapa sawit dengan perbandingan abu 100gr/liter aquadest. Ekstrak abu kemudian direaksikan dengan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ), selanjutnya dititrasi dengan NaOH 0,5N. Variabel yang digunakan adalah waktu reaksi (40, 50, 60, 70, 80 menit) dan temperatur reaksi (50, 60, 70, 80, 90°C). Hasil penelitian diperoleh kondisi terbaik dalam pembuatan kalium sulfat mengikuti reaksi orde II dan konversi ( $X_A$ ) 93,01%, pada temperatur reaksi 90°C dan waktu 80 menit. Harga konstanta laju reaksi ( $k$ ) yang diperoleh sebesar  $k = 1,5 \times 10^{-9} e^{-5480/T}$

**Kata kunci:** ekstrak abu janjang kelapa sawit; kalium oksida; kalium sulfat; konstanta reaksi; pupuk kalium

### Abstract

The ash of oil palm stem rich of kalium content, so it can be used to improve the growth and productivity of plants. This reasearch work on the formation of potassium sulfate ( $K_2SO_4$ ) by reacting potassium oxide ( $K_2O$ ) from the extract of ash of oil palm stem and sulfuric acid ( $H_2SO_4$ ). The purpose of this research are to reveal the effect of reaction temperature and time on the rate of potassium sulfate formation and to determine its reaction order and reaction rate constants. Firstly extracted the oil palm ashes using aquadest with ratio 100gr/liter aquadest. Secondly, reacted the ash extract with sulfuric acid ( $H_2SO_4$ ) with time variables 40, 50, 60, 70, 80 minuts and temperature (50, 60, 70, 80, 90 °C). Then titrated the product with 0,5N NaOH. The best results obtained in the manufacture of potassium sulfate following the second order reaction resulted in a conversion ( $X_A$ ) of 93.01% at a temperature of 90°C and a time of 80minutes with a constant rate of reaction ( $k$ ) of  $k = 1,5 \times 10^{-9} e^{-5480/T}$

**Key words:** reaction constant; oil palm ash extract; potassium fertilizer; potassium oxide; potassium sulfate;

### PENDAHULUAN

Pupuk adalah salah satu faktor produksi yang memegang peranan penting dalam

meningkatkan produksi komoditi pertanian, sehingga pupuk menjadi kebutuhan pokok bagi petani dalam menjalankan usaha taninya. Seringkali petani mengalami

kesulitan modal untuk penyediaan sarana produksi ini akibat harga pupuk mahal dan terkadang sering terjadi kelangkaan pupuk. Kondisi ini mendorong petani melakukan efisiensi penggunaan pupuk dan mulai mencari sumber pupuk alternatif yang murah dan mudah dicari [1].

Pupuk kalium merupakan salah satu jenis pupuk yang dibutuhkan oleh sebagian besar petani di Indonesia, karena kebanyakan unsur hara kalium di dalam tanah masih relatif kecil. Pupuk kalium termasuk ke dalam golongan pupuk tunggal yang sering digunakan petani dalam upaya meningkatkan pertumbuhan tanaman budidayanya. Berbagai bentuk dan jenis unsur kalium dapat ditemui, hanya saja meski bentuk dan jenisnya berbeda, pupuk-pupuk kalium tersebut sama-sama berfungsi untuk mencukupi kebutuhan unsur hara K di dalam tanah, karena unsur hara K yang terkandung di dalam pupuk kalium dapat memberikan manfaat bagi pertumbuhan tanaman. Di pasaran, ketersediaan pupuk kalium masih sangat dibutuhkan oleh tanaman [2]. Walaupun ketersediaan pupuk kalium sulfat terbatas di Indonesia, namun pupuk kalium ini dapat dibuat dengan memanfaatkan tumbuhan yang mengandung banyak unsur hara kalium [3].

Janjang kosong atau tandan kosong kelapa sawit berasal dari tandan buah segar (TBS) setelah buah dirontokkan. Tandan kosong ini merupakan limbah padat organik dari pabrik sawit. Pembuangan limbah ini di area pabrik sawit merupakan kendala karena volumenya amat besar, sehingga dalam pengakumulasiannya membutuhkan area yang luas. Untuk mengatasi masalah ini dilakukan pembakaran tandan kosong tersebut dalam incinerator (tanur) yang dibangun di sekitar pabrik. Abu tandan kosong dari hasil pembakaran ini lebih mudah diakumulasi, biaya angkut lebih murah dan tidak membutuhkan tempat yang luas. Akumulasi abu tandan kosong tersebut juga mengalami kesulitan karena produksinya setiap hari yang terus bertambah untuk

mengatasinya, abu janjang ini telah dianjurkan digunakan sebagai pupuk. Abu janjang kelapa sawit merupakan alternatif pilihan sebagai pupuk kalium karena mengandung  $K_2O$  sebanyak 35-40% dan harganya jauh lebih murah dibanding KCl maupun pupuk K lainnya [4].

Menurut Wibisono (2009) dalam penelitiannya menyatakan bahwa hasil analisis Abu Janjang Kelapa Sawit (AJKS) di Laboratorium Ilmu Tanah Unib, yang berasal dari janjang sawit di PT Bio Nusantara Bengkulu Utara menunjukkan bahwa kandungan K sebesar 26,3% dan P sebesar 13,74% [5]. Kemudian menurut Pahan (2007) unsur hara yang terkandung dalam abu janjang kelapa sawit yaitu  $K_2O$  sebesar 35-47%;  $P_2O_5$  sebesar 3,5%; MgO sebesar 6-9,5%; CaO sebesar 4-6% serta unsur hara mikro [6]. Selain itu Jesus (2012) dalam penelitiannya menyebutkan mengenai zat-zat yang terkandung dalam abu janjang kelapa sawit. Dimana dalam penelitian tersebut Susanto *et al* (2005) menyatakan bahwa tandan kosong sawit (TKS) merupakan bahan organik yang mengandung 0,80% N, 0,22%  $P_2O_5$ , 2,90%  $K_2O$  42,8% Ca, 0,30% MgO sehingga bisa digunakan sebagai alternatif untuk digunakan sebagai pupuk kalium sulfat [7].

Beberapa hasil analisis mengenai kandungan zat-zat dalam abu janjang kelapa sawit maka dapat dikatakan bahwa kandungan  $K_2O$  dalam abu janjang kelapa sawit sangat besar dan sangat efektif apabila dimanfaatkan dalam membuat pupuk kalium sulfat untuk mengurangi pencemaran lingkungan akibat limbah janjang kosong kelapa sawit dan mengatasi permasalahan keberadaan pupuk kalium di Indonesia.

Sebelumnya telah ada penelitian tentang pembuatan kalium sulfat dari ekstrak abu randu dan asam sulfat yang mana pada suhu  $70^\circ C$  dengan waktu operasi 50menit di dapat konversi 0,9693 dan harga konstanta laju reaksinya sebesar  $23,8075e^{119029,1103/T}$  [8]. Untuk mengurangi import pupuk kalium serta mengurangi pencemaran akibat limbah janjang kelapa sawit, maka dicoba untuk

membuat kalium sulfat secara sintesis dari ekstrak abu janjang kelapa sawit. Oleh karena itu disusunlah jurnal dengan judul “Kinetika Reaksi Pembentukan Kalium Sulfat Dari Ekstrak Abu Janjang Kelapa Sawit Dan Asam Sulfat”.

## METODE PENELITIAN

### Bahan

Ekstrak abu janjang kelapa sawit (kadar  $K_2O = 0,66\%$ )

### Alat

Heating magnetic stirrer, labu leher tiga, thermometer, statif, klem holder, pendingin balik dan magnet

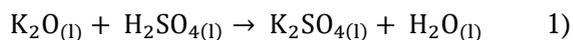
### Prosedur

Prosedur pelaksanaan penelitian meliputi 3 tahapan, yaitu: Pembuatan larutan ekstrak dari abu janjang ditambah *aquadest* dengan komposisi 100gram abu dalam 1liter *aquadest* didiamkan selama 7hari, kemudian disaring ekstraknya. Larutan ekstrak abu janjang sebanyak 150ml dimasukkan kedalam labu leher tiga, kemudian panaskan 150ml  $H_2SO_4$  1N sesuai variable suhu ( $^{\circ}C$ ) sebesar 50, 60, 70, 80, 90. Motor pengaduk dihidupkan sesuai variable waktu (menit) 40, 50, 60, 70, 80.

Larutan sebanyak 10ml diambil 3kali pada labu leher tiga. Kemudian dimasukkan masing-masing larutan ke dalam erlenmeyer untuk dititrasi. Titrasi dilakukan untuk masing-masing larutan pada erlenmeyer tersebut dengan NaOH 0,5N. Volume titran NaOH dicatat dan hitung konsentrasi  $K_2SO_4$ .

### Metode Perhitungan

Reaksi :



Menghitung konversi ( $X_A$ )

$$X_A = \frac{\text{mol } K_2O \text{ mula-mula} - \text{mol } K_2O \text{ bereaksi}}{\text{mol } K_2O \text{ mula-mula}} \quad (2)$$

Menentukan Orde Reaksi

Jika orde satu, maka persamaan yang dipakai adalah:

$$-\ln \frac{C_A}{C_{A0}} = k t \quad (3)$$

Plot  $-\ln \frac{C_A}{C_{A0}}$  versus t, maka didapat grafik berupa garis lurus melalui nol dengan slope =  $k'$ .

Jika orde dua, maka persamaan yang dipakai adalah:

$$\ln \frac{C_B C_{A0}}{C_{B0} C_A} = (C_{B0} - C_{A0}) k t \quad (4)$$

$$\ln \frac{C_B}{C_A} + \ln \frac{C_{A0}}{C_{B0}} = (C_{B0} - C_{A0}) k t \quad (5)$$

$$\ln \frac{C_B}{C_A} = \ln \frac{C_{B0}}{C_{A0}} + (C_{B0} - C_{A0}) k t \quad (6)$$

$$\ln \frac{C_B}{C_A} = \ln M + (C_{B0} - C_{A0}) k t \quad (7)$$

Plot  $\ln \frac{C_B}{C_A}$  versus t, maka didapat grafik berupa garis lurus melalui nol dengan slope =  $(C_{B0} - C_{A0}) k$  dengan intersep =  $\ln M$

Menghitung tenaga pengaktif

$$k = K_0 e^{-E/RT} \quad (8)$$

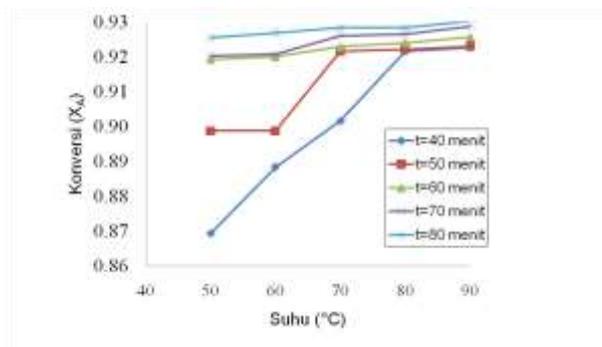
$$\ln k = \ln K_0 - \frac{E}{RT} \quad (9)$$

Plot  $\ln k$  versus  $1/T$  maka didapat slope =  $-E/RT$  dan intersep =  $\ln K_0$  Sehingga diperoleh harga energi aktivasi (E). Perhitungan dilakukan dengan cara menghitung konversi yang dilanjutkan dengan menentukan orde reaksi [9].

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Peubah yang dilakukan dalam pemilihan ini meliputi suhu reaksi dan waktu reaksi dari pembentukan kalium sulfat ( $K_2SO_4$ ). Setelah dianalisa di Balai Riset dan Standardisasi Industri Surabaya, kandungan kalium oksida ( $K_2O$ ) yang terkandung dalam ekstrak abu janjang kelapa sawit sebesar 0,66 %. Data hasil penelitian digunakan untuk menentukan konversi, orde reaksi, konstanta kecepatan reaksi yang dipengaruhi oleh suhu dan waktu reaksi.

**Pengaruh Suhu Reaksi (°C) dan Waktu (menit) terhadap Konversi ( $X_A$ ) dan Konsentrasi ( $C_A$  dan  $C_B$ )**



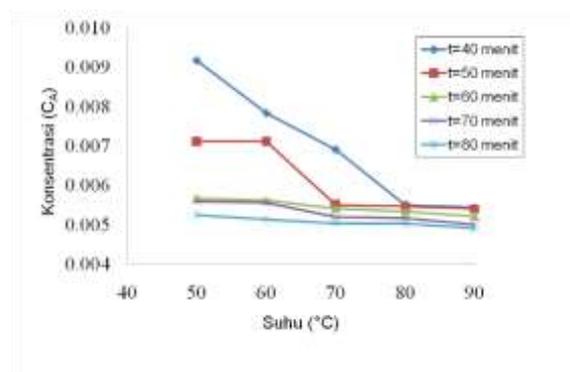
Gambar 1. Hubungan antara suhu,  $T$  (°C) vs konversi ( $X_A$ )

Pengaruh suhu terhadap konversi larutan kalium oksida menjadi kalium sulfat ( $K_2SO_4$ ) pada berbagai waktu reaksi dapat dilihat pada gambar 1. Berdasarkan gambar tersebut pada suhu 50°C dalam waktu 40menit didapat konversi sebesar 0,8693. Kemudian pada suhu yang sama namun dalam waktu 50menit didapat konversi sebesar 0,8987. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu reaksi, maka konversi akan semakin tinggi. Hasil terbaik konversi kalium sulfat ( $K_2SO_4$ ) pada suhu 90°C dan waktu 80menit yaitu 0,9301. Suhu yang tinggi dapat mempengaruhi kereaktifan molekul-molekul untuk bergerak semakin cepat, maka tumbukan antar molekul akan semakin sering terjadi, sehingga reaksi berlangsung dengan baik dan konversi kalium sulfat ( $K_2SO_4$ ) semakin besar.

Peningkatan konversi pada suhu 70°C ke atas berbeda dengan peningkatan konversi pada suhu 50-60°C. karena suhu yang tinggi mempengaruhi kereaktifan molekul-molekul untuk bergerak semakin cepat, maka tumbukan antar molekul akan semakin sering terjadi, sehingga reaksi berlangsung dengan baik dan konversi kalium sulfat ( $K_2SO_4$ ) semakin besar. Adapun syarat terjadinya tumbukan yaitu berada pada posisi efektif dan energi yang cukup.

Menurut Ariestyowati 2014, dalam pembentukan kalium sulfat dari ekstrak abu

jerami padi dengan asam sulfat terjadi ketidakstabilan konversi. Dimana konversinya berubah ubah tidak teratur seiring berjalannya suhu. Hal ini disebabkan oleh alat yang digunakan tidak begitu efisien sehingga suhu yang dijalankan tidak bisa konstan. Suhu merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi terjadinya reaksi sehingga menjaga suhu agar tetap konstan harus dilakukan agar konversi yang terbentuk sesuai dengan yang diharapkan [10]. Kemudian menurut Sulistyoningsih 2014, pengaruh suhu terhadap konversi larutan kalium karbonat menjadi kalium sulfat dari ekstrak abu batang pisang menunjukkan bahwa semakin lama waktu reaksi maka konversi yang dihasilkan akan semakin tinggi. Hasil terbaik konversi kalium sulfat yaitu pada suhu 80°C dan waktu 50menit didapat konversi sebesar 0,8840. Hal ini sesuai dengan literatur dimana suhu yang tinggi dapat mempengaruhi kereaktifan molekul-molekul untuk melakukan tumbukan. Sehingga semakin tinggi suhu maka semakin besar pula konversi yang akan terbentuk [11]. Pengaruh suhu terhadap konsentrasi pada berbagai waktu dapat dilihat pada gambar 2.



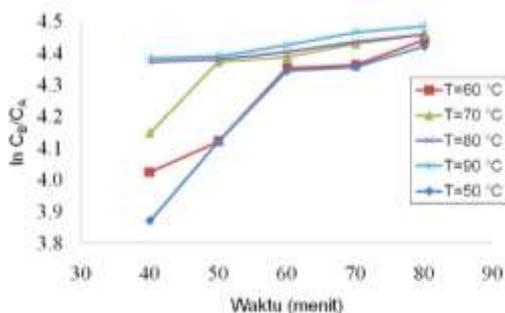
Gambar 2. Hubungan antara suhu,  $T$  (°C) vs konsentrasi ( $C_A$ )

Dari gambar 2 pada suhu 50°C waktu 40menit didapat  $C_A$  sebesar 0,0092. Kemudian di waktu yang sama pada suhu 60°C didapat  $C_A$  sebesar 0,0078 lalu pada suhu 70°C didapat  $C_A$  sebesar 0,0069. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu maka konsentrasi akhir dari kalium oksida semakin kecil. Suhu yang tinggi mempengaruhi kereaktifan molekul-molekul

untuk bergerak semakin cepat yang mengakibatkan tumbukan antar molekul semakin sering terjadi. Semakin tinggi suhu, maka konsentrasi  $K_2O$  yang bereaksi membentuk kalium sulfat juga semakin banyak, sehingga konsentrasi akhir  $K_2O$  semakin kecil. Hasil penelitian Sulistyoningsih dan Zahrina (2014) menyatakan bahwa Waktu reaksi mempengaruhi kereaktifan molekul-molekul untuk bergerak, maka intensitas tumbukan antar molekul akan semakin sering terjadi. Semakin lama waktu reaksi, maka konsentrasi  $K_2CO_3$  yang bereaksi membentuk kalium sulfat semakin banyak, sehingga konsentrasi akhir  $K_2CO_3$  semakin kecil. Hal ini sesuai dengan literatur yang menyebutkan bahwa semakin lama waktu terjadinya reaksi serta semakin tinggi suhu yang diberikan maka reaksi yang terjadi menjadi optimal sehingga menghasilkan konversi produk yang besar serta didapat nilai  $C_A$  yang kecil [11].

### Penentuan Orde Reaksi

Orde reaksi ditentukan dengan membuat grafik hubungan antara waktu kontak dengan  $\ln C_B/C_A$  seperti ditunjukkan pada gambar 3 berikut ini.



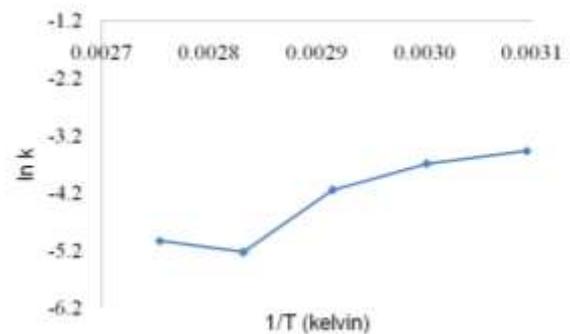
**Gambar 3. Hubungan antara t (menit) vs  $\ln C_B/C_A$  pada berbagai suhu ( $^{\circ}C$ )**

Pengaruh  $\ln C_B/C_A$  terhadap waktu pada berbagai suhu dapat dilihat pada gambar 3 diperoleh persamaan garis. Hubungan antara t (menit) vs  $\ln C_B/C_A$  pada berbagai suhu 50  $^{\circ}C$  di dapat persamaan  $y = 0,013x + 3,418$  dengan nilai  $R^2 = 0,866$ . Kemudian pada suhu 60  $^{\circ}C$  di

dapat persamaan garis  $y = 0,010x + 3,614$  dengan nilai  $R^2 = 0,911$ . Adapun pada suhu 70 $^{\circ}C$  di dapat persamaan garis  $y = 0,006x + 3,950$  dengan nilai  $R^2 = 0,765$ . Kemudian hubungan antara t (menit) vs  $\ln C_B/C_A$  pada suhu 80  $^{\circ}C$  di dapat persamaan  $y = 0,002x + 4,270$  dengan nilai  $R^2 = 0,965$ . Hubungan antara t (menit) vs  $\ln C_B/C_A$  pada suhu 90  $^{\circ}C$  di dapat persamaan  $y = 0,002x + 4,262$  dengan nilai  $R^2 = 0,958$ . Dari persamaan garis dan nilai R pada grafik hubungan antara t (menit) vs  $\ln C_B/C_A$  dalam berbagai suhu maka dapat dilihat bahwa persamaan garis menghasilkan garis lurus dan mempunyai nilai R yang mendekati 1 dan memiliki intersep. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kinetika reaksi pembuatan kalium sulfat ( $K_2SO_4$ ) dari abu janjang kelapa sawit dan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) dapat dikatakan mengikuti reaksi orde II. [10]

### Penentuan Frekuensi Tumbukan ( $k_0$ ) dan Energi Aktivasi ( $E$ )

Besarnya frekuensi tumbukan ( $k_0$ ) dan energi aktivasi ( $E$ ) dapat dihitung dengan membuat plot grafik hubungan antara  $\ln k$  terhadap  $1/T$  seperti pada gambar 4 dibawah ini.



**Gambar 4. Hubungan antara  $1/T$  vs  $\ln k$**

Dari gambar 4 terlihat bahwa hubungan antara  $1/T$  terhadap  $\ln k$  merupakan persamaan garis lurus yaitu :

$$\ln k = 5480 \frac{1}{T} - 20,31 \quad (10)$$

Dari persamaan Hukum Arrhenius bahwa  $k = K_0 e^{-E/RT}$  (11)

Maka persamaan (10) dapat disusun menjadi

$$\ln k = \ln K_0 - \frac{E}{RT} \quad (12)$$

Dengan memasukkan nilai konstanta gas ideal  $R = 8,314 \text{ J/mol.K}$ , maka diperoleh nilai frekuensi tumbukan ( $k_0$ ) sebesar  $1,5 \times 10^{-9}$  dan harga energi aktivasi (E) sebesar  $-45560,72 \text{ J/mol}$ . Dan diperoleh persamaan kinetika reaksi pembentukan

$$k = 1,5 \times 10^{-9} e^{-5480/T} \quad (13)$$

### SIMPULAN

Reaksi pembuatan kalium sulfat dari abu janjang kelapa sawit dan asam sulfat mengikuti reaksi orde II dengan persamaan Arrhenius  $k = 1,5 \times 10^{-9} e^{-5480/T}$ . Semakin lama waktu reaksi semakin besar pula konversi kalium sulfat yang terbentuk. Demikian pula, semakin tinggi suhu reaksi maka semakin besar pula konversi kalium sulfat yang terbentuk. Dari penelitian yang dilakukan diperoleh kondisi terbaik dalam pembentukan kalium sulfat dari ekstrak abu janjang kelapa sawit dan asam sulfat yaitu pada kondisi operasi suhu  $90^\circ\text{C}$  selama 80menit menghasilkan konversi ( $X_A$ ) sebesar 0,9301.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Ekawati and Z. Purwanto, "Potensi Abu Limbah Pertanian Sebagai Sumber Alternatif Unsur Hara Kalium, Kalsium, dan Magnesium Untuk Menunjang Kelestarian Produksi Tanaman," in *Prosiding Seminar Nasional Kedaulatan Pangan dan Energi Universitas Trunojoyo*, 2012, pp. 135-139.
- [2] M. Rachmadini, "Mengenal Pupuk Kalium dan Fungsinya Bagi Tanaman," *Tersedia pada <http://balittra.litbang.pertanian.go.id/in dex.php>*, 2015.
- [3] N. Gunadi, "Kalium sulfat dan kalium klorida sebagai sumber pupuk kalium pada tanaman bawang merah," *Jurnal Hortikultura*, vol. 19, 2009.
- [4] Y. Mumpung and A. B. Samiputra, "Pengaruh Waktu Pemberian dan Dosis Amelioran Abu Janjang Kelapa Sawit terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kedelai (*Glycine max* (L. Merrill) di Tanah Gambut Palangka Raya," *Agrisilvika: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, vol. 1, 2017.
- [5] M. Handajarningsih and T. Wibisono, "Pertumbuhan dan pembungaan krisan dengan pemberian abu janjang kelapa sawit sebagai sumber kalium," *J. Akta Agrosia*, vol. 12, pp. 8-14, 2009.
- [6] I. Pahan, "Panduan Lengkap Kelapa Sawit: Manajemen Agribisnis dari Hulu hingga Hilir," *Penebar Swadaya. Jakarta*, vol. 412, 2008.
- [7] A. Jorge, "Pemanfaatan tandan kosong dan abu janjang kelapa sawit sebagai amelioran terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di pembibitan utama," *Tesis Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor*, 2012.
- [8] Z. E. Lestari, "Kinetika Reaksi Pembentukan Kalium Sulfat Dari Ekstrak Abu Kulit Randu Dengan Asam Sulfat," 2009.
- [9] O. Levenspiel, "Chemical reaction engineering," *Industrial & engineering chemistry research*, vol. 38, pp. 4140-4143, 1999.
- [10] P. Ariestyowati, "Kinetika Reaksi Pembentukan Kalium Sulfat Dari Ekstrak Abu Jerami Padi Dengan Asam Sulfat," *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 9, pp. 22-26, 2017.
- [11] E. Sulistyoningsih and S. Zahrina, "Kinetika Reaksi Pembuatan Kalium Sulfat Dari Ekstrak Abu Batang Pisang Dan Asam Sulfat," *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 8, pp. 57-62, 2017.