

Pengaruh Perbedaan Konsentrasi KOH terhadap Kandungan Air, FFA, dan Konversi Reaksi dalam Pembentukan Kalium Sulfat

Effect of Different KOH Concentrations on Water Content, FFA, and Reaction Conversion in the Formation of Potassium Sulfate

Muhammad Abdul Ghofar, Fiska Yohana Purwaningtyas

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik, Jl. Sumatera No. 101, Gresik, 61121, Indonesia

*Email: abdulghofar160398@gmail.com

Artikel histori:

Diterim 09 Januari 2024

Diterima dalam revisi 13 Januari 2024

Diterima 03 Februari 2024

Online 29 Februari 2024

ABSTRAK: Pupuk kalium sulfat (K_2SO_4) adalah pupuk yang kaya kalium (K) dan sulfur, meningkatkan kesuburan tanah, merangsang pertumbuhan tanaman, dan meningkatkan hasil produksi. Sintesis tradisional menggunakan KCl dan H_2SO_4 , tetapi menghasilkan pupuk dengan kandungan klorida tinggi, berbahaya bagi tanaman. Alternatifnya, dapat menggunakan sintesis dengan bahan baku KOH dan H_2SO_4 untuk menghasilkan pupuk kalium sulfat rendah klorida. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pupuk kalium sulfat telah berhasil disintesis dengan bahan baku berupa asam sulfat dan kalium hidroksida. Hasil analisis penelitian ini terhadap pupuk kalium sulfat yang dihasilkan menunjukkan hasil optimum produk yang dicapai yaitu menghasilkan produk pupuk sebesar 18,65 gr dan dengan konversi reaksi 37,3% pada konsentrasi KOH 11,48 M dan *yield* produk mencapai 0,579 gr K_2SO_4 /gr KOH pada konsentrasi KOH 11,48 M. Kualitas produk terbaik dari sisi kadar air dicapai pada konsentrasi KOH paling rendah (5,74 M) yaitu 0,70% (di bawah standar 1%). Selain itu, hasil uji asam bebas juga menunjukkan bahwa pupuk yang dihasilkan memiliki kandungan asam bebas sebesar 1,7% pada konsentrasi KOH tertinggi (11,48 M). Dengan hasil ini menunjukkan bahwa pupuk yang dihasilkan dengan bahan baku asam sulfat pekat dan kalium hidroksida telah memenuhi standar nasional yang ditetapkan dan dapat menjadi alternatif untuk produksi pupuk kalium sulfat tanpa kandungan klorida.

Kata kunci: kalium sulfat, pupuk, sintesis

ABSTRACT: Potassium sulfate (K_2SO_4) fertilizer is a fertilizer rich in potassium (K) and sulfur, increasing soil fertility, stimulating plant growth, and increasing yields. Traditional synthesis uses KCl and H_2SO_4 , but produces fertilizer with high chloride content, which is dangerous for plants. The alternative of potential is synthesis used raw material of KOH and H_2SO_4 to produce low chloride potassium sulfate fertilizer. The results of this research indicate that potassium sulfate fertilizer has been successfully synthesized using sulfuric acid and potassium hydroxide as raw materials. The results of this research analysis of the potassium sulfate fertilizer produced show that the optimum product results achieved were 18.65 gr of fertilizer product and a reaction conversion of 37.3% at a KOH concentration of 11.48 M and a product yield of 0.579 gr K_2SO_4 /gr OH. at a KOH concentration of 11.48 M. The best product quality in terms of water content was achieved at the lowest KOH concentration (5.74 M), namely 0.70% (below the standard of 1%). Apart from that, the results of the free acid test also showed that the fertilizer produced had a free acid content of 1.7% at the highest KOH concentration (11.48 M). These results show that the fertilizer produced using concentrated sulfuric acid and potassium hydroxide as raw materials has met the national standards set and can be an alternative for producing potassium sulfate fertilizer without chloride content.

Keywords: potassium sulphate, fertilizer, synthesis

1. PENDAHULUAN

Populasi dunia terus menerus meningkat dari tahun ke tahun. Hal tersebut selalu diiringi dengan berbagai kebutuhan yang juga turut meningkat, seperti energi dan pangan. Untuk mencapai produksi dan ketahanan pangan suatu masyarakat diperlukan sumber daya lingkungan yang berkualitas tinggi. Namun, kualitas lahan pertanian juga terus menurun menjadi tanda bahwa kondisi lingkungan juga buruk (Kuria dkk., 2019; Rust dkk., 2022; Tripathi dkk., 2020). Tanah yang buruk ini dapat diatasi dengan bahan yang disebut dengan pupuk, sehingga pupuk telah menjadi kebutuhan yang banyak digunakan oleh para petani untuk mendapatkan hasil pertanian yang semakin meningkat (Krasilnikov., 2022; Zhou dkk., 2022). Pupuk yang umumnya digunakan oleh para petani di Indonesia baik pupuk alami (kotoran hewan) maupun pupuk sintetik seperti pupuk urea, pupuk nitrogen, pupuk fosfat, dan pupuk kalium. Pupuk-pupuk tersebut telah banyak diproduksi oleh industri di dalam maupun di luar negeri. Namun untuk pupuk kalium sulfat hampir seluruhnya masih perlu di impor dari luar negeri (Wirasenjaya dkk., 2023). Meningkatnya kebutuhan akan pupuk akan mengakibatkan peningkatan pada penggunaan bahan baku. Salah satu jenis pupuk yang banyak digunakan adalah pupuk potasium sulfat K_2SO_4 . Bahan baku pembuatan pupuk tersebut berasal dari hasil tambang yang semakin menipis. Hal tersebut akan mengakibatkan kekurangan pupuk yang akan mempengaruhi hasil pertanian sehingga menimbulkan adanya krisis pangan di Indonesia.

Pupuk Potasium Sulfat (K_2SO_4) mengandung unsur kalium (K) yang sangat diperlukan oleh tanah untuk membantu menyuburkan tanaman (Adhikari dkk., 2020; Hu dkk., 2023). Kalium (K) memiliki kegunaan untuk merangsang pertumbuhan akar dan meningkatkan ketahanan terhadap penyakit (Sardans dkk., 2021). Selain itu, unsur kalium umumnya ditambahkan untuk meningkatkan hasil dan kualitas tanaman yang tumbuh di tanah yang kurang kecukupan pasokan nutrisi. Kalium diperlukan untuk menyelesaikan banyak fungsi penting pada tanaman, seperti mengaktifkan reaksi enzim, mensintesis protein, membentuk pati dan gula, dan mengatur aliran air dalam sel dan daun (Huai dkk., 2022; Xu dkk., 2020). Kandungan lain dari pupuk kalium sulfat, yaitu sulfat akan menguntungkan petani karena mengandung belerang atau ion sulfat yang merupakan unsur yang berguna sebagai nutrisi yang tak tergantikan untuk pertumbuhan tanaman (Bouranis & Chorianopoulou, 2023). Selain itu, sulfur diperlukan untuk sintesis protein dan fungsi enzim (Narayan dkk., 2023; Shafiq dkk., 2021).

Selama ini, pembuatan pupuk kalium sulfat menggunakan bahan dasar H_2SO_4 dan KCl. Sekitar

90% pupuk kalium menggunakan bahan baku KCl (Novriyanto., 2022). Penggunaan kalium klorida juga akan mengakibatkan pupuk menjadi kurang nutrisi akibat sifat dari kalium klorida yang lebih terlarut di dalam air sehingga akan mudah mengalami leaching dan banyak nutrisi akan hilang. Selain itu, kandungan ion klorida pada kalium klorida sangat berbahaya bagi beberapa tanaman. Ion klorida dapat mengganggu penyerapan nutrisi lain oleh tanaman, seperti kalsium dan magnesium. Hal ini dapat menyebabkan kekurangan nutrisi, yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman dan mengurangi hasil tanaman (Rosales dkk., 2020; Sharma., 2018). Selanjutnya hingga saat ini pembuatan dan konsumsi pupuk kalium sulfat yang bebas klorin mengalami defisit. Hal ini menunjukkan bahwa pengembangan lebih lanjut dari pembuatan pupuk kalium sulfat bebas klorin diperlukan.

Oleh karena itu, dicari alternatif pembuatan pupuk kalium sulfat dengan menggunakan H_2SO_4 dan KOH sebagai pengganti KCl (Isalmi dkk., 2014). Penggunaan kalium hidroksida akan memungkinkan produksi cairan netral karena reaksinya dengan asam sulfat yang bersifat asam kuat (Schultz., 2000). Penggunaan kalium hidroksida yang bersifat basa kuat, lebih kuat daripada KCl yang bersifat garam, juga akan memicu reaksi yang lebih cepat dengan asam sulfat melalui reaksi asam basa sehingga akan menghasilkan produk dengan yield lebih tinggi. Kalium hidroksida juga bersifat kurang higroskopis jika dibandingkan dengan kalium klorida, sehingga dapat mencegah pupuk mengalami *caking*. Selain itu, pupuk yang dihasilkan akan lebih

mudah larut dalam tanah ketika digunakan dalam kegiatan pertanian, namun lebih efisien karena kelarutannya dalam air yang tidak setinggi kalium klorida sehingga tidak banyak nutrisi yang hilang.

Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengkaji produksi pupuk kalium sulfat menggunakan bahan baku H_2SO_4 dan KOH dan mengkaji pengaruh waktu dan temperatur terhadap pupuk kalium sulfat yang dihasilkan. Selain itu, kualitas produk pupuk kalium sulfat yang akan diteliti melalui penelitian ini meliputi kandungan air dan *free fatty acid*. Dengan berhasilnya penelitian ini, maka diharapkan mendatangkan beberapa manfaat, di antaranya pupuk kalium sulfat yang dihasilkan dapat memenuhi sebagian besar kebutuhan pupuk kalium di Indonesia, ketergantungan pada luar negeri dapat diperkecil dan pencemaran lingkungan oleh limbah pertanian dapat dikurangi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Bahan penelitian

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini diproduksi di Indonesia dengan merek Merck meliputi: KOH, aquadest, larutan H₂SO₄ 97% pekat, larutan NaOH 0,1 N dan Indikator PP

2.2. Peralatan penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: 1 Labu leher tiga, 1 hot plate, 3 Erlenmeyer 250 ml, 2 klem, statif, 1 *magnetic stirrer*, 1 motor pengaduk, dan 1 thermometer alkohol

2.3. Prosedur Penelitian

Proses sintesis dari pupuk kalium sulfat dilakukan dengan metode reaksi asam kuat dengan basa kuat, yaitu antara H₂SO₄ pekat dan KOH. Larutan asam sulfat pekat disiapkan dengan konsentrasi 15% (v/v). Selanjutnya juga disiapkan larutan KOH dengan konsentrasi berturut-turut :11,48 M, 7,65 M dan 5,74 M

Reaksi dilakukan dengan mencampur kedua larutan reaktan ke dalam labu leher tiga, dimana masing-masing leher berfungsi sebagai, tempat memasukkan reaktan, kontrol suhu dengan menggunakan termometer, dan pendingin bola. Kecepatan *magnetic stirrer* diatur pada kecepatan 200 rpm. Proses reaksi dilangsungkan hingga mencapai suhu konstan. Proses kenaikan suhu hingga mencapai suhu konstan dicatat hingga terbentuk endapan putih. Larutan dibiarkan terlebih dahulu hingga suhu turun ke suhu ruangan. Endapan putih nampak terbentuk di dasar labu leher tiga yang selanjutnya disaring dengan metode vacuum filtration. Setelah didapatkan sampel hasil filtrasi, sampel dikeringkan di dalam oven dan dilanjutkan dengan pengujian.

2.4. pengujian kadar air

Analisis kadar air pupuk kalium sulfat dengan metode gravimetri meliputi penentuan kadar air melalui pengukuran perubahan berat sebelum dan sesudah pengeringan sampel. Memindahkan sampel 2 gram kedalam cawan lalu dimasukkan ke oven dengan suhu 110°C selama 30 menit hingga diperoleh berat konstan

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{w_2 - w_3}{w_1} \times 100$$

Keterangan:

w₁ = berat sampel (gram)

w₂ = berat cawan + sampel pupuk sebelum di panaskan (gram)

w₃ = berat cawan + sampel pupuk yang sudah di panaskan (gram)

2.5. Pengujian kadar free fatty acid

Uji kadar *free fatty acid* atau kadar asam bebas dilakukan dengan metode titrasi asidi-alkalimetri yakni dengan menimbang. pupuk yang dihasilkan sebanyak 2 g, memasukkan ke dalam erlenmeyer dan tambahkan aquadest hingga larut, menambahkan indikator PP kemudian mentitrasi larutan dengan NaOH 0,1 N hingga terjadi perubahan warna dari merah menjadi kuning

$$\frac{V_{titrasi} \times N \times 49}{M (mg)} \times 100 = \text{Kadar asam bebas (\%)}$$

Keterangan:

V_{titrasi} = Volume hasil titrasi

N = Normalitas

M = Massa sampel

2.6. Menghitung konversi reaksi

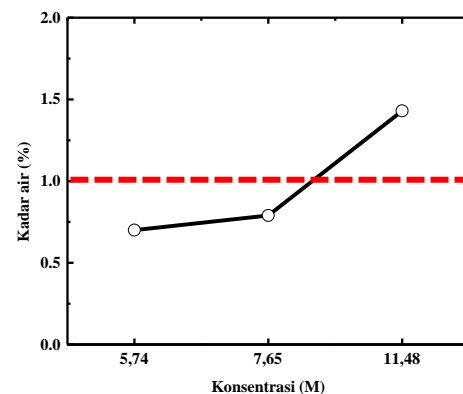
konversi reaksi pembuatan kalium sulfat yang dihasilkan dihitung dengan menggunakan rumus

$$\text{Konversi (\%)} = \frac{\text{mol KOH yang bereaksi}}{\text{mol KOH mula-mula}} \times 100\%$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Analisis Kadar Air

Pada penelitian ini. Sesuai dengan SNI 2005 yang ditetapkan oleh Pemerintah Indonesia, standar baku kadar air pada pupuk kalium sulfat ditetapkan yaitu maksimal sebesar 1%. Pengujian kandungan air dalam pupuk K₂SO₄ yang dihasilkan dilakukan dengan memanaskan sampel pupuk K₂SO₄ hingga suhu 130°C.



Gambar 1. Grafik hubungan kadar air terhadap konsentrasi KOH.

Keterangan:

Grafik warna merah adalah standar.
Grafik warna hitam adalah hasil penelitian.

Tabel 1. Hasil analisis kadar air pupuk kalium sulfat

No	Konsentrasi KOH (M)	Kadar air
1	11,48	1,43%
2	7,65	0,79%
3	5,74	0,70%

Berdasarkan hasil penelitian pada Tabel 1 menunjukkan bahwa KOH berpengaruh terhadap kadar air pupuk kalium sulfat. Semakin tinggi KOH yang diberikan maka semakin tinggi kadar air yang dihasilkan artinya unsur hidrogen yang tinggi akan menghasilkan ikatan yang membentuk H₂O. Sebaliknya ketika KOH semakin rendah maka kadar air yang dihasilkan semakin sedikit yang artinya unsur hidrogen yang rendah akan sedikit menghasilkan ikatan yang membentuk H₂O hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Ega dkk, 2018) dan (Tunggal& Hendrawati 2019) bahwa semakin tinggi konsentrasi KOH mampu menaikkan kadar air.

3.2. Hasil Analisis Kadar Asam Bebas

Pupuk kalium sulfat melibatkan penentuan jumlah asam sulfat (H₂SO₄) yang tidak bereaksi atau bebas dalam sampel pupuk dapat dilakukan dengan metode titrasi asidimetri-alkalimetri. Hal ini dilakukan untuk menilai kualitas dan kemurnian produk pupuk. Prinsip analisis kadar asam bebas didasarkan pada reaksi netralisasi antara asam sulfat bebas dalam sampel pupuk dan larutan standar natrium hidroksida (NaOH). Titik akhir titrasi tercapai ketika semua asam bebas telah bereaksi dengan natrium hidroksida, menghasilkan perubahan pH yang dideteksi menggunakan indikator pH dan fenolftalein (PP). Reaksi antara asam sulfat bebas (H₂SO₄) dan natrium hidroksida (NaOH) adalah sebagai berikut:



Metode ini memungkinkan menentukan jumlah asam sulfat yang tidak bereaksi dalam pupuk, yang penting untuk pengendalian kualitas dan memastikan bahwa pupuk tidak mengandung asam berlebih yang dapat berbahaya bagi tanaman atau lingkungan. Adapun kadar asam bebas yang ditetapkan oleh SNI maksimal sebesar 2,5%.

Pada penelitian ini dilakukan analisis kadar asam bebas dalam bentuk asam sulfat yang tidak bereaksi. Analisis meliputi pengaruh konsentrasi KOH terhadap kadar asam bebas dan mencari titik optimum untuk mencapai target produk yang

ditetapkan. Berikut ini adalah hasil dari percobaan dan perhitungan yang telah dilakukan.

Tabel 2. Hasil analisis kadar asam bebas pupuk kalium sulfat

Konsentrasi KOH	V _{titrasi} (ml)	Kadar asam bebas
11,48	7,4	1,81%
7,65	9,6	2,35%
5,74	12,1	3,16%

Dari hasil yang telah diperoleh tampak bahwa konsentrasi kalium hidroksida (KOH) pada reaksi antara asam sulfat pekat (H₂SO₄) dan kalium hidroksida memang dapat mempengaruhi kandungan asam sulfat bebas pada pupuk kalium sulfat yang dihasilkan. Konsentrasi KOH 11,45 menghasilkan kadar asam bebas sebesar 1,81% dan kadar air 1,43% ini menunjukkan bahwa semakin rendah kandungan asam sulfat bebas pada dasarnya adalah jumlah asam sulfat bereaksi atau berlebih yang tersisa dalam pupuk setelah reaksi netralisasi. Pada konsentrasi KOH yang tinggi berarti KOH berlebih pada reaksi stoikiometri, berarti lebih banyak ion hidroksida yang tersedia untuk bereaksi dengan asam sulfat. Hal ini dapat menghasilkan netralisasi asam sulfat yang lebih sempurna, menyisakan sedikit atau tidak ada asam sulfat bebas pada produk akhir, sehingga mengurangi kandungan asam sulfat bebas.

Konsentrasi KOH 5,74 menghasilkan kadar asam sebesar 3,16% dan kadar air 0,70% menunjukan bahwa semakin tinggi kandungan asam dan rendahnya kandungan air reaksi netralisasi mungkin tidak berjalan sampai selesai, sehingga sebagian asam sulfat tidak bereaksi. Akibatnya, kandungan asam sulfat bebas pada pupuk kalium sulfat akhir lebih tinggi bila konsentrasi KOH lebih rendah.

Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Ega dkk, 2018) dan (Tunggal& Hendrawati 2019) Konsentrasi KOH yang lebih tinggi cenderung menurunkan kandungan asam sulfat bebas, sedangkan konsentrasi yang lebih rendah menyebabkan kandungan asam sulfat bebas yang lebih tinggi dalam pupuk. Pemilihan konsentrasi harus didasarkan pada hasil yang diinginkan dan persyaratan spesifik dari pemberian pupuk.

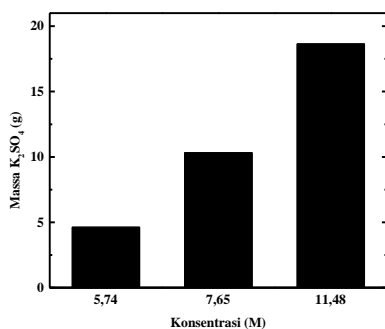
3.3. Perhitungan neraca massa produk pupuk kalium sulfat

Eksperimen pembuatan pupuk kalium sulfat dilakukan dengan menetapkan kondisi berupa waktu reaksi, temperatur reaksi, dan konsentrasi

reaktan asam sulfat pekat. Reaktan lain, yaitu kalium hidroksida, sebagai variabel bebas dalam penelitian ini. Adapun konsentrasi KOH yang digunakan antara lain 11,48 M; 7,65 M, dan 5,74 M. Konsentrasi kalium hidroksida (KOH) pada reaksi antara asam sulfat pekat (H₂SO₄) dan kalium hidroksida dapat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap reaksi konversi dan hasil kalium sulfat (K₂SO₄).

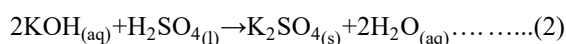
Tabel 3. Pengaruh konsentrasi KOH terhadap massa pupuk kalium sulfat

No	Konsentrasi KOH (M)	Massa K ₂ SO ₄ (gr)
1	11,48	18,65
2	7,65	10,33
3	5,74	4,63



Gambar 2. Grafik hubungan konsentrasi KOH terhadap massa pupuk kalium

Tabel 3 dan Gambar 2 di atas menunjukkan hubungan antara massa pupuk kalium sulfat yang diperoleh terhadap konsentrasi reaktan KOH yang digunakan. Konsentrasi kalium hidroksida (KOH) pada reaksi antara asam sulfat pekat (H₂SO₄) dan kalium hidroksida memang dapat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap massa kalium sulfat (K₂SO₄) yang dihasilkan dalam reaksi tersebut. Pada konsentrasi KOH yang paling rendah, pupuk kalium sulfat yang dihasilkan juga sangat rendah. Berbanding terbalik dengan konsentrasi KOH yang tinggi dapat menghasilkan lebih banyak pupuk kalium sulfat. Pada konsentrasi KOH yang lebih tinggi, terdapat lebih banyak mol ion OH⁻ yang tersedia untuk reaksi netralisasi dengan asam sulfat. Reaksi kimia didefinisikan sebagai berikut



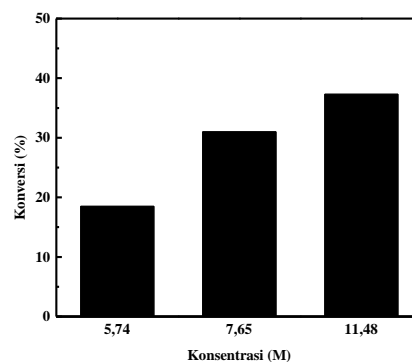
Dalam persamaan kimia seimbang ini, satu mol asam sulfat bereaksi dengan dua mol kalium hidroksida menghasilkan satu mol kalium sulfat

dan dua mol air. Jika konsentrasi KOH lebih tinggi, berarti akan memiliki lebih banyak mol KOH dalam volume larutan yang sama. Hal ini dapat menyebabkan netralisasi asam sulfat yang lebih sempurna, sehingga menghasilkan massa kalium sulfat yang lebih tinggi untuk sejumlah asam sulfat tertentu. Sebaliknya, ketika konsentrasi KOH lebih rendah, jumlah mol ion hidroksida yang tersedia untuk netralisasi menjadi lebih sedikit. Hal ini dapat menyebabkan netralisasi asam sulfat tidak sempurna sehingga sebagian asam sulfat tidak bereaksi. Akibatnya, massa kalium sulfat yang dihasilkan akan lebih sedikit dibandingkan jika menggunakan konsentrasi KOH yang lebih tinggi.

Parameter produk pupuk lain yang dianalisis selain daripada massa pupuk yang diproduksi adalah konversi reaksi dan yield produk. Perhitungan konversi reaksi sintesis kalium sulfat dari asam sulfat pekat dengan kalium hidroksida didapatkan melalui perhitungan stoikiometri persamaan reaksi kimia tersebut, yaitu berdasarkan perbandingan jumlah mol KOH yang bereaksi terhadap jumlah mol KOH mula-mula. Perhitungan jumlah mol yang bereaksi dapat ditentukan dari perbandingan koefisien K₂SO₄ terhadap KOH, yaitu 1:2.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Konversi Reaksi

No	Konsentrasi KOH (M)	Konversi
1	11,48	37,3%
2	7,65	31,0%
3	5,74	18,5%



Gambar 3. Grafik hubungan konversi reaksi terhadap konsentrasi KOH

Jumlah mol KOH yang bereaksi dapat dihitung melalui perbandingan koefisien reaksi antara KOH dengan K₂SO₄, di mana jumlah mol KOH adalah dua kali jumlah mol K₂SO₄. Dari hasil perhitungan dan analisis seperti ditampilkan oleh tabel dan grafik di atas, jumlah konversi reaksi tertinggi didapatkan ketika konsentrasi KOH yang

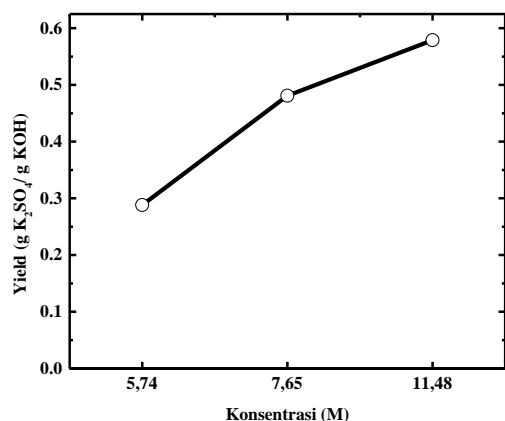
digunakan sebesar 11,84 M dengan konversi reaksi mencapai 37,299%.

Pada reaksi dengan konsentrasi KOH lebih tinggi, maka terdapat lebih banyak ion hidroksida (OH^-) yang tersedia dalam campuran reaksi. Artinya, terdapat lebih banyak ion hidroksida yang bereaksi dengan ion hidrogen (H^+) dari asam sulfat pada reaksi netralisasi. Akibatnya reaksi dapat berlangsung lebih cepat karena meningkatnya laju tumbukan antar reaktan. Sebaliknya, jika konsentrasi KOH lebih rendah, ion hidroksida yang tersedia untuk reaksi netralisasi lebih sedikit. Hal ini dapat memperlambat reaksi dan menurunkan laju konversi asam sulfat menjadi kalium sulfat.

Produk pupuk hasil reaksi dianalisa berupa yield untuk mengetahui nilai yield yang paling optimal dari variasi konsentrasi KOH. Yield produk dihitung dengan perbandingan massa produk K_2SO_4 terhadap massa reaktan atau umpan KOH. Dari hasil perhitungan diperoleh hasil yield produk untuk tiap konsentrasi KOH sebagai berikut

Tabel 5. Hasil analisis yield pupuk kalium sulfat

No	Konsentrasi KOH (M)	Yield produk ($\text{g K}_2\text{SO}_4/\text{gr r KOH}$)
1	11,48	0,579
2	7,65	0,481
3	5,74	0,288



Gambar 4. Grafik hubungan yield terhadap konsentrasi KOH

Dari tabel tersebut terlihat bahwa pada konsentrasi KOH lebih tinggi menghasilkan *yield* produk yang lebih tinggi juga, berturut-turut 0,579; 0,481; dan 0,288 $\text{gr K}_2\text{SO}_4/\text{gr KOH}$ untuk konsentrasi 11,48; 7,65; dan 5,74 M. Hal ini karena semakin banyak KOH yang tersedia, semakin besar peluang netralisasi asam sulfat secara sempurna.

Sehingga dapat memaksimalkan hasil kalium sulfat dengan menggunakan KOH berlebih.

Dengan demikian, penggunaan KOH berlebih di luar rasio stoikiometri ini dapat memastikan bahwa semua asam sulfat dinetralkan sepenuhnya, sehingga menghasilkan massa, konversi reaksi, dan *yield* produk kalium sulfat maksimum yang mungkin untuk jumlah asam sulfat tertentu.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penelitian ini telah berhasil sintesis dengan metode reaksi asam basa antara asam sulfat (H_2SO_4) pekat dan kalium hidroksida (KOH). Hasil optimum produk yang dicapai yaitu menghasilkan produk pupuk sebesar 18,650 gr, dengan konversi reaksi 37,299%, yield produk mencapai 0,579 $\text{gr K}_2\text{SO}_4/\text{gr KOH}$ serta kadar asam bebas pada 1,713% pada konsentrasi KOH 11,48 M. Sedangkan kadar air dicapai pada konsentrasi KOH paling rendah (5,74 M) yaitu 0,647% (di bawah standar 1%). Konsentrasi KOH dalam reaksi antara asam sulfat pekat dan kalium hidroksida berperan penting dalam menentukan massa kalium sulfat yang dihasilkan. Konsentrasi KOH yang lebih tinggi cenderung menghasilkan massa kalium sulfat yang lebih tinggi karena netralisasi yang lebih sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhikari, B., Dhungana, S. K., Kim, I.-D., & Shin, D.-H. (2020). Effect of foliar application of potassium fertilizers on soybean plants under salinity stress. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 19(4), 261-269. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jssas.2019.02.001>
- Bouranis, D. L., & Chorianoopoulou, S. N. (2023). Foliar Application of Sulfur-Containing Compounds—Pros and Cons. *Plants*, 12(22). Retrieved from doi:10.3390/plants12223794
- Goncharik, I. I., Shevchuk, V. V., Krut'ko, N. P., Smychnik, A. D., & Kudina, O. A. (2014). Synthesis of potassium sulfate by conversion of potassium chloride and magnesium sulfate. *Russian Journal of Applied Chemistry*, 87(12), 1804-1809. doi:10.1134/S1070427214120027
- Hu, W., Wang, J., Deng, Q., Liang, D., Xia, H., Lin, L., & Lv, X. (2023). Effects of Different Types of Potassium Fertilizers on Nutrient Uptake by Grapevine. *Horticulturae*, 9(4). Retrieved from doi:10.3390/horticulturae9040470
- Huai, T., Xu, S., Zhang, S., Miao, Q., Liu, C., Lu, X., . . . Si, D. (2022). Effects of Potassium

- Fertilizer Application on Festuca arundinacea I: Plant Growth and Potassium Requirement. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 22(4), 5246-5256. doi:10.1007/s42729-022-00999-2
- Isalmi, A., Hendrawati, H., & Nani, S. (2014). Pembuatan Pupuk Kalium Sulfat Dari Produk Samping Biodisel Dengan Bahan Baku Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Riset Sains dan Kimia Terapan*, 4(2). doi:10.21009/JRSKT.042.01
- Kim, N.-I., Kim, T.-Y., & Chu, Y.-S. (2021). A Study on Synthesis of Potassium Sulfate used Sodium Sulfate and Potassium Chloride. *Resources Recycling*, 30(1), 35-43. doi:10.7844/kiir.2021.30.1.35
- Krasilnikov, P., Taboada, M. A., & Amanullah. (2022). Fertilizer Use, Soil Health and Agricultural Sustainability. *Agriculture*, 12(4). Retrieved from doi:10.3390/agriculture12040462
- Kuria, A. W., Barrios, E., Pagella, T., Muthuri, C. W., Mukuralinda, A., & Sinclair, F. L. (2019). Farmers' knowledge of soil quality indicators along a land degradation gradient in Rwanda. *Geoderma Regional*, 16, e00199. doi: https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2018.e00199
- Narayan, O. P., Kumar, P., Yadav, B., Dua, M., & Johri, A. K. (2023). Sulfur nutrition and its role in plant growth and development. *Plant Signaling & Behavior*, 18(1), 2030082. doi:10.1080/15592324.2022.2030082
- Rosales, M. A., Franco-Navarro, J. D., Peinado-Torrubia, P., Díaz-Rueda, P., Álvarez, R., & Colmenero-Flores, J. M. (2020). Chloride Improves Nitrate Utilization and NUE in Plants. *Frontiers in Plant Science*, 11. doi:10.3389/fpls.2020.00442
- Rust, N., Lunder, O. E., Iversen, S., Vella, S., Oughton, E. A., Breland, T. A., . . . Reed, M. S. (2022). Perceived Causes and Solutions to Soil Degradation in the UK and Norway. *Land*, 11(1). Retrieved from doi:10.3390/land11010131
- Sardans, J., & Peñuelas, J. (2021). Potassium Control of Plant Functions: Ecological and Agricultural Implications. *Plants*, 10(2). Retrieved from doi:10.3390/plants10020419
- Schultz, H., Bauer, G., Schachl, E., Hagedorn, F., & Schmittinger, P. (2000). Potassium Compounds *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*.
- Shafiq, B. A., Nawaz, F., Majeed, S., Aurangzaib, M., Al Mamun, A., Ahsan, M., . . . Tanveer ul, H. (2021). Sulfate-Based Fertilizers Regulate Nutrient Uptake, Photosynthetic Gas Exchange, and Enzymatic Antioxidants to Increase Sunflower Growth and Yield Under Drought Stress. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21(3), 2229-2241. doi:10.1007/s42729-021-00516-x
- Sharma, P. P., Yadav, V., Rajput, A., & Kulshrestha, V. (2018). Synthesis of Chloride-Free Potash Fertilized by Ionic Metathesis Using Four-Compartment Electrodialysis Salt Engineering. *ACS Omega*, 3(6), 6895-6902. doi:10.1021/acsomega.8b01005
- Tripathi, S., Srivastava, P., Devi, R. S., & Bhadouria, R. (2020). Chapter 2 - Influence of synthetic fertilizers and pesticides on soil health and soil microbiology. In M. N. V. Prasad (Ed.), *Agrochemicals Detection, Treatment and Remediation* (pp. 25-54): Butterworth-Heinemann.
- Wirasenjaya, F., Dhar, A. R., Oita, A., & Matsubae, K. (2023). Assessment of food-related nitrogen and phosphorus footprints in Indonesia. *Sustainable Production and Consumption*, 39, 30-41. doi:https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.04.011
- Xu, X., Du, X., Wang, F., Sha, J., Chen, Q., Tian, G., Jiang, Y. (2020). Effects of Potassium Levels on Plant Growth, Accumulation and Distribution of Carbon, and Nitrate Metabolism in Apple Dwarf Rootstock Seedlings. *Frontiers in Plant Science*, 11. doi:10.3389/fpls.2020.00904
- Zhang, X., Wang, X., Liu, X., Han, X., Jiang, C., Li, Q., & Xu, T. (2015). Conversion of Potassium Chloride into Potassium Sulfate by Four-Compartment Electrodialysis: Batch Operation Process. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 54(48), 11937-11943. doi:10.1021/acs.iecr.5b03245
- Zhou, Z., Zhang, S., Jiang, N., Xiu, W., Zhao, J., & Yang, D. (2022). Effects of organic fertilizer incorporation practices on crops yield, soil quality, and soil fauna feeding activity in the wheat-maize rotation system. *Frontiers in Environmental Science*, 10. doi:10.3389/fenvs.2022.1058071