

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Penelitian ini berfokus pada pembuatan tawas dari kaleng aluminium bekas adem sari. Variabel tetap dalam penelitian ini meliputi massa aluminium sebesar 5 gram pada setiap sampel, volume larutan KOH sebesar 50 mL, serta waktu kristalisasi selama 1 jam. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah konsentrasi larutan KOH yaitu 20%, 25%, 30%, 35%, dan 40% serta konsentrasi larutan H₂SO₄ yaitu 4 M dan 6 M. Variasi tersebut dikombinasikan sehingga diperoleh 10 sampel penelitian. Parameter yang digunakan untuk menilai kualitas tawas meliputi pengujian pH, bagian yang tidak larut dalam air, kadar besi (Fe), kadar aluminium oksida (Al₂O₃) dan rendemen. Data hasil penelitian dapat dilihat pada table dibawah ini.

Tabel 4.1 Hasil Analisa Tawas dari Kaleng Aluminium Bekas Adem Sari

Konsentrasi H ₂ SO ₄ (M)	Konsentrasi KOH (%)	Analisa			
		Massa Tawas (gram)	Rendemen (%)	pH	Kadar Besi (%)
4	20	14,23	16,23	4	0,0123
4	25	35,84	40,87	5	0,0106
4	30	30,84	35,17	3	0,0049
4	35	37,89	43,21	3	0,0074
4	40	35,61	40,61	4	0,0098
6	20	19,70	22,47	3	0,0118
6	25	30,73	35,04	5	0,0111
6	30	35,15	40,08	3	0,0074
6	35	34,16	38,95	4	0,0061
6	40	43,89	50,05	4	0,0074
SNI 0032:2011				Min. 3	Maks. 0,01

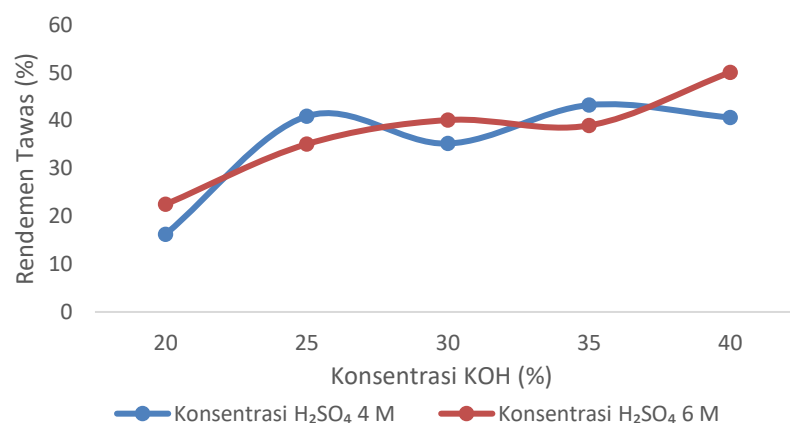
Tabel 4.2 Hasil Analisa Tawas dari Kaleng Aluminium Bekas Adem Sari

Konsentrasi H_2SO_4 (M)	Konsentrasi KOH (%)	Analisa	
		Al_2O_3 (%)	Bagian yang tidak larut dalam air (%)
4	20	16,97	0,40
4	25	17,17	0,40
4	30	17,90	0,35
4	35	17,70	0,60
4	40	16,97	0,60
6	20	16,35	0,40
6	25	16,51	0,35
6	30	18,16	0,45
6	35	17,55	0,50
6	40	17,13	0,50
SNI 0032:2011		Min. 17	Maks. 0,5

4.2 Pembahasan

4.2.1 Pengujian Rendemen Tawas

Rendemen merupakan perbandingan antara berat kristal tawas yang diperoleh dengan berat tawas teoritis. Analisis rendemen dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan proses sintesis serta efisiensi konversi aluminium menjadi produk tawas. Semakin tinggi nilai rendemen yang diperoleh, maka semakin banyak produk tawas yang berhasil terbentuk. Hasil pengaruh variasi konsentrasi KOH dan H_2SO_4 terhadap rendemen tawas dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Grafik Pengaruh Konsentrasi KOH dan H_2SO_4 terhadap Rendemen Tawas (%)

Pada penggunaan H_2SO_4 4 M, rendemen tertinggi diperoleh pada konsentrasi KOH 35% sebesar 43,32%. Peningkatan rendemen dari KOH 20% hingga 35% menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi KOH, semakin banyak aluminium yang dapat larut sehingga jumlah ion aluminium yang tersedia untuk pembentukan tawas semakin meningkat. Namun, pada konsentrasi KOH 40% rendemen mengalami penurunan menjadi 40,61%. Hal ini diduga karena kelebihan KOH dapat menyebabkan terbentuknya ion aluminat yang berlebih sehingga proses pembentukan kristal tawas menjadi kurang optimal.

Pada penggunaan H_2SO_4 6 M, rendemen tertinggi diperoleh pada konsentrasi KOH 40% sebesar 50,05%. Rendemen yang lebih tinggi dibandingkan penggunaan H_2SO_4 4 M menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi H_2SO_4 mampu menyediakan ion sulfat yang lebih banyak untuk bereaksi dengan ion aluminium hasil pelarutan. Akibatnya, pembentukan kristal tawas berlangsung lebih sempurna sehingga jumlah produk yang dihasilkan meningkat.

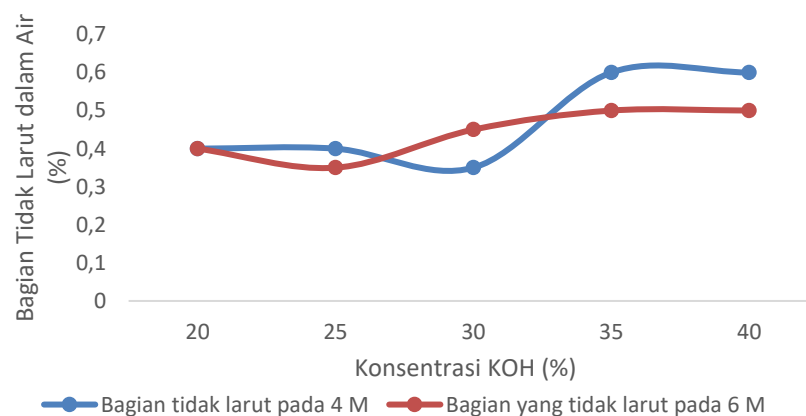
Rendemen tertinggi yang diperoleh pada penelitian ini sebesar 50,05%, lebih tinggi dibandingkan penelitian Meriatna et al. (2023) yang memperoleh rendemen sebesar 17,91% pada konsentrasi KOH 30% dan H_2SO_4 3 M. Perbedaan tersebut diduga disebabkan oleh perbedaan konsentrasi yang digunakan selama proses sintesis tawas. Meskipun demikian, kedua penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi reaktan mampu meningkatkan pembentukan kristal tawas sehingga rendemen yang dihasilkan menjadi lebih besar. Rendemen tertinggi pada penelitian ini sebesar 50,05% pada penggunaan KOH 40% dan H_2SO_4 6 M. Nilai ini lebih rendah dibandingkan penelitian Damanik et al. (2022) yang memperoleh rendemen 75,48% pada KOH 30% dan H_2SO_4 8 M. Perbedaan tersebut diduga karena konsentrasi H_2SO_4 yang digunakan Damanik et al. lebih tinggi sehingga proses pembentukan kristal tawas berlangsung lebih optimal dan menghasilkan rendemen yang lebih besar. Oleh karena itu, meskipun rendemen penelitian ini lebih rendah, hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi KOH dan H_2SO_4 tetap memberikan pengaruh terhadap jumlah tawas yang terbentuk.

Berdasarkan hasil analisis ANOVA dua faktor tanpa pengulangan pada taraf signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$), diperoleh nilai *P-value* faktor H_2SO_4 sebesar 0,525 ($> 0,05$), sehingga variasi konsentrasi H_2SO_4 tidak berpengaruh signifikan terhadap

rendemen tawas yang dihasilkan. Sementara itu, faktor KOH memiliki nilai *P-value* sebesar 0,029 ($< 0,05$), yang menunjukkan bahwa variasi konsentrasi KOH berpengaruh signifikan terhadap rendemen tawas. Hasil ini menunjukkan bahwa perubahan konsentrasi KOH memengaruhi proses pelarutan aluminium sehingga berpengaruh terhadap jumlah kristal tawas yang terbentuk.

4.2.2 Hasil Uji Bagian Yang Tidak Larut Dalam Air

Bagian yang tidak larut dalam air merupakan jumlah residu atau pengotor yang tidak dapat larut setelah produk tawas dilarutkan dalam air. Parameter ini digunakan untuk mengetahui tingkat kemurnian produk yang dihasilkan. Semakin kecil nilai bagian yang tidak larut dalam air, maka semakin baik kualitas tawas yang diperoleh karena menunjukkan jumlah pengotor yang lebih sedikit. Hasil pengaruh variasi konsentrasi KOH dan H_2SO_4 terhadap bagian yang tidak larut dalam air dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Grafik Pengaruh Konsentrasi KOH dan H_2SO_4 terhadap Bagian Yang Tidak Larut dalam Air (%)

Pada penggunaan H_2SO_4 4 M, nilai bagian yang tidak larut dalam air terendah diperoleh pada konsentrasi KOH 30% yaitu sebesar 0,35%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa proses pelarutan aluminium berlangsung lebih optimal sehingga jumlah pengotor atau residu yang tidak bereaksi menjadi lebih sedikit. Namun, pada konsentrasi KOH 35% dan 40%, nilai bagian yang tidak larut dalam air meningkat hingga 0,60%. Peningkatan tersebut diduga disebabkan oleh penggunaan KOH yang terlalu tinggi sehingga sebagian pengotor atau endapan ikut

terbawa dalam produk tawas yang dihasilkan. Jika dibandingkan dengan SNI 0032:2011, nilai 0,35% telah memenuhi persyaratan maksimum sebesar 0,5%, sedangkan nilai 0,60% pada KOH 35% dan 40% belum memenuhi standar yang ditetapkan.

Pada penggunaan H_2SO_4 6 M, nilai bagian yang tidak larut dalam air terendah diperoleh pada konsentrasi KOH 25% yaitu sebesar 0,35%. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi KOH 25% dan H_2SO_4 6 M mampu menghasilkan proses pembentukan tawas yang lebih baik sehingga jumlah residu yang tersisa relatif rendah. Meskipun terjadi peningkatan nilai bagian yang tidak larut dalam air pada konsentrasi KOH yang lebih tinggi, nilai yang diperoleh masih berada pada rentang 0,45–0,50%. Seluruh hasil pada penggunaan H_2SO_4 6 M masih memenuhi persyaratan SNI 0032:2011, yaitu bagian yang tidak larut dalam air maksimum 0,5%.

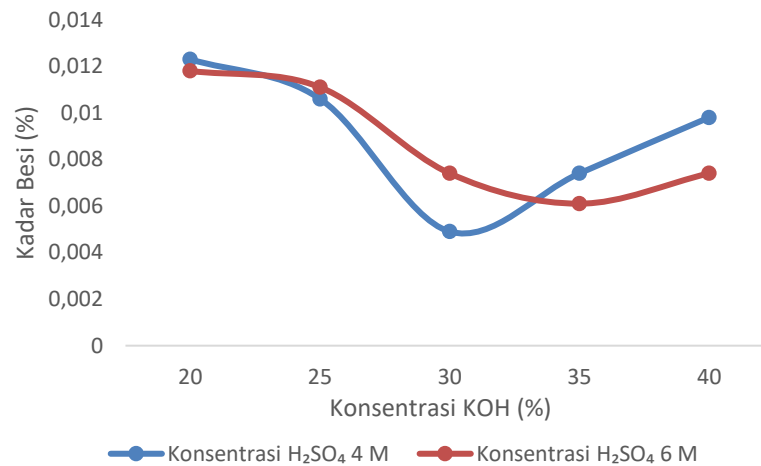
Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan KOH 30% dengan H_2SO_4 4 M dan KOH 25% dengan H_2SO_4 6 M menghasilkan nilai bagian yang tidak larut dalam air terendah yaitu 0,35%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kedua kondisi tersebut menghasilkan produk tawas dengan tingkat kemurnian yang lebih baik dibandingkan kondisi lainnya. Selain itu, sebagian besar sampel telah memenuhi persyaratan SNI 0032:2011, meskipun pada penggunaan KOH 35% dan 40% dengan H_2SO_4 4 M masih diperoleh nilai yang melebihi batas maksimum standar.

Berdasarkan hasil analisis ANOVA dua faktor tanpa pengulangan pada taraf signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$), diperoleh nilai *P-value* faktor H_2SO_4 sebesar 0,468 ($> 0,05$) dan faktor KOH sebesar 0,092 ($> 0,05$). Hasil tersebut menunjukkan bahwa variasi konsentrasi H_2SO_4 maupun KOH tidak berpengaruh signifikan terhadap bagian yang tidak larut dalam air. Dengan demikian, perubahan konsentrasi kedua faktor tersebut belum memberikan perbedaan yang nyata terhadap jumlah residu atau pengotor yang tersisa pada produk tawas.

4.2.3 Hasil Uji Kadar Besi (Fe)

Kadar besi (Fe) merupakan salah satu parameter mutu yang digunakan untuk mengetahui kandungan pengotor logam besi dalam produk tawas. Keberadaan Fe yang terlalu tinggi dapat menurunkan kualitas tawas dan mempengaruhi

penggunaannya dalam proses pengolahan air. Hasil pengaruh variasi konsentrasi KOH dan H_2SO_4 terhadap kadar Fe dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Grafik Pengaruh Konsentrasi KOH dan H_2SO_4 terhadap Kadar Besi (Fe)

Pada penggunaan H_2SO_4 4 M, kadar besi (Fe) terendah diperoleh pada konsentrasi KOH 30% yaitu sebesar 0,0049%. Rendahnya kadar Fe menunjukkan bahwa proses pemurnian berlangsung lebih baik sehingga pengotor berupa besi yang terdapat dalam bahan baku atau selama proses sintesis dapat diminimalkan. Peningkatan konsentrasi KOH dari 20% hingga 30% menyebabkan kadar Fe menurun dari 0,0123% menjadi 0,0049%. Namun, pada konsentrasi KOH 35% dan 40%, kadar Fe kembali meningkat menjadi 0,0074% dan 0,0098%. Hal ini diduga karena penggunaan KOH yang terlalu tinggi dapat menyebabkan sebagian pengotor ikut terbawa selama proses pembentukan kristal tawas. Jika dibandingkan dengan SNI 0032:2011, kadar Fe pada KOH 30%, 35%, dan 40% telah memenuhi persyaratan mutu yaitu maksimum 0,01%, sedangkan pada KOH 20% dan 25% masih melebihi batas yang ditetapkan.

Pada penggunaan H_2SO_4 6 M, kadar besi terendah diperoleh pada konsentrasi KOH 35% yaitu sebesar 0,0061%. Penurunan kadar Fe dari KOH 20% hingga 35% menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi KOH mampu meningkatkan pelarutan aluminium sekaligus mengurangi pengotor besi dalam produk tawas. Namun, pada konsentrasi KOH 40%, kadar Fe kembali meningkat menjadi 0,0074%. Meskipun demikian, nilai tersebut masih berada di bawah batas maksimum yang ditetapkan oleh SNI 0032:2011, yaitu sebesar 0,01%. Pada

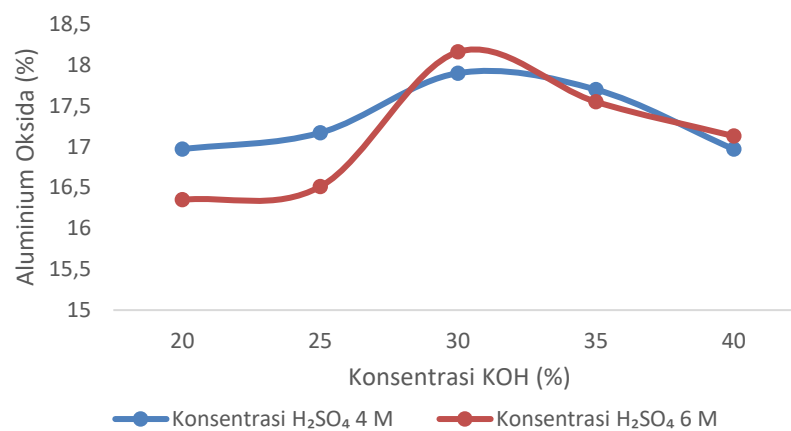
penggunaan H_2SO_4 6 M, hanya sampel dengan KOH 20% dan 25% yang belum memenuhi standar karena memiliki kadar Fe masing-masing sebesar 0,0118% dan 0,0111%.

Berdasarkan hasil penelitian, kondisi terbaik untuk parameter kadar Fe diperoleh pada penggunaan KOH 30% dan H_2SO_4 4 M dengan kadar Fe sebesar 0,0049%. Nilai tersebut merupakan kadar Fe terendah yang diperoleh dalam penelitian ini dan telah memenuhi persyaratan SNI 0032:2011 yaitu maksimum 0,01%. Secara umum, peningkatan konsentrasi KOH hingga kondisi optimum mampu menurunkan kadar Fe dalam produk tawas, sedangkan penggunaan konsentrasi KOH yang terlalu rendah atau terlalu tinggi cenderung menghasilkan kadar Fe yang lebih besar. Oleh karena itu, pemilihan konsentrasi KOH dan H_2SO_4 yang tepat sangat berpengaruh terhadap mutu tawas yang dihasilkan, khususnya terhadap kandungan besi sebagai salah satu parameter kualitas produk.

Berdasarkan hasil analisis ANOVA dua faktor tanpa pengulangan pada taraf signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$), diperoleh nilai *P-value* faktor H_2SO_4 sebesar 0,787 ($> 0,05$), sehingga variasi konsentrasi H_2SO_4 tidak berpengaruh signifikan terhadap kadar Fe. Sementara itu, faktor KOH memiliki nilai *P-value* sebesar 0,038 ($< 0,05$), yang menunjukkan bahwa variasi konsentrasi KOH berpengaruh signifikan terhadap kadar Fe yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi KOH berperan dalam proses pelarutan dan pemisahan pengotor logam sehingga memengaruhi kandungan Fe pada produk tawas.

4.2.4 Hasil Uji Kadar Aluminium Oksida (Al_2O_3)

Kadar aluminium oksida (Al_2O_3) merupakan parameter utama yang menunjukkan kandungan aluminium dalam produk tawas yang dihasilkan. Analisis Al_2O_3 dilakukan untuk mengetahui kualitas produk karena kadar Al_2O_3 yang tinggi menunjukkan bahwa proses pembentukan tawas berlangsung dengan baik. Selain itu, kadar Al_2O_3 juga menjadi salah satu parameter yang dipersyaratkan dalam standar mutu tawas. Hasil pengaruh variasi konsentrasi KOH dan H_2SO_4 terhadap kadar Al_2O_3 dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Grafik Pengaruh Konsentrasi KOH dan H_2SO_4 terhadap Kadar Aluminium Oksida (%)

Pada penggunaan H_2SO_4 4 M, kadar Al_2O_3 tertinggi diperoleh pada konsentrasi KOH 30% yaitu sebesar 17,90%. Peningkatan kadar Al_2O_3 dari KOH 20% hingga 30% menunjukkan bahwa semakin banyak aluminium yang terlarut dan bereaksi dengan ion sulfat sehingga kandungan aluminium oksida dalam produk tawas meningkat. Namun, pada konsentrasi KOH 35% dan 40%, kadar Al_2O_3 mengalami penurunan menjadi 17,70% dan 16,97%. Hal ini diduga karena penggunaan KOH yang terlalu tinggi menyebabkan pelarutan aluminium menjadi kurang optimal atau terbentuknya senyawa lain yang mengurangi kadar Al_2O_3 dalam produk. Jika dibandingkan dengan SNI 0032:2011, kadar Al_2O_3 tertinggi sebesar 17,90% telah memenuhi persyaratan minimum yaitu 17%.

Pada penggunaan H_2SO_4 6 M, kadar Al_2O_3 tertinggi diperoleh pada konsentrasi KOH 30% yaitu sebesar 18,16%. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan penggunaan H_2SO_4 4 M pada konsentrasi KOH yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi H_2SO_4 mampu menyediakan ion sulfat yang lebih banyak untuk bereaksi dengan aluminium sehingga pembentukan tawas berlangsung lebih sempurna. Setelah konsentrasi KOH melebihi 30%, kadar Al_2O_3 kembali menurun menjadi 17,55% pada KOH 35% dan 17,13% pada KOH 40%. Meskipun mengalami penurunan, kedua nilai tersebut masih memenuhi persyaratan SNI 0032:2011 yaitu minimum 17%.

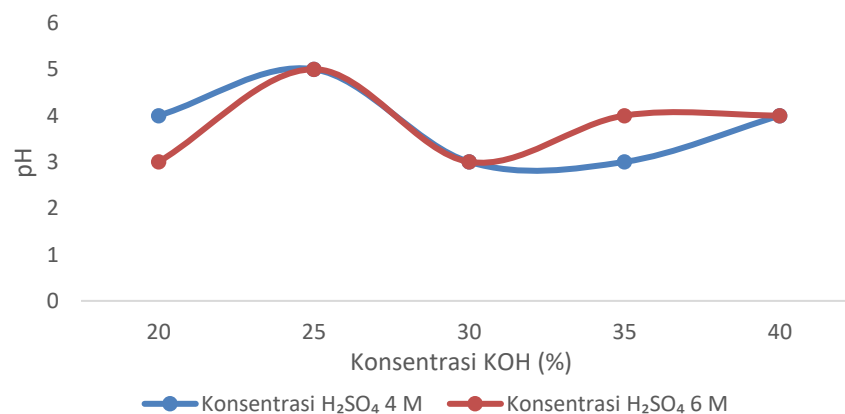
Berdasarkan hasil penelitian, kondisi terbaik untuk parameter kadar Al_2O_3 diperoleh pada penggunaan KOH 30% dan H_2SO_4 6 M dengan nilai sebesar 18,16%.

Hasil tersebut merupakan kadar Al_2O_3 tertinggi yang diperoleh dalam penelitian ini dan telah memenuhi persyaratan SNI 0032:2011 untuk aluminium sulfat padat yaitu minimum 17%. Namun, pada penggunaan KOH 20% dan H_2SO_4 6 M (16,35%), KOH 25% dan H_2SO_4 6 M (16,51%), serta KOH 40% dan H_2SO_4 4 M (16,97%), kadar Al_2O_3 yang diperoleh masih berada di bawah standar SNI sehingga belum memenuhi persyaratan mutu yang ditetapkan.

Berdasarkan hasil analisis ANOVA dua faktor tanpa pengulangan pada taraf signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$), diperoleh nilai *P-value* faktor H_2SO_4 sebesar 0,350 ($> 0,05$), sehingga variasi konsentrasi H_2SO_4 tidak berpengaruh signifikan terhadap kadar Al_2O_3 . Sementara itu, faktor KOH memiliki nilai *P-value* sebesar 0,041 ($< 0,05$), yang menunjukkan bahwa variasi konsentrasi KOH berpengaruh signifikan terhadap kadar Al_2O_3 yang dihasilkan. Hasil ini mengindikasikan bahwa konsentrasi KOH berpengaruh terhadap efektivitas pelarutan aluminium sehingga memengaruhi kandungan aluminium dalam produk tawas.

4.2.5 Hasil Uji Nilai pH

.Analisis pH pada produk tawas dilakukan untuk mengetahui kesesuaian produk terhadap standar mutu serta memastikan produk yang dihasilkan tidak terlalu asam maupun terlalu basa. Nilai pH yang sesuai menunjukkan bahwa proses sintesis dan pembentukan kristal tawas berlangsung dengan baik. Hasil pengaruh variasi konsentrasi KOH dan H_2SO_4 terhadap nilai pH tawas dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5. Grafik Pengaruh Konsentrasi KOH dan H_2SO_4 terhadap Nilai pH

Pada penggunaan H_2SO_4 4 M, nilai pH tertinggi diperoleh pada konsentrasi KOH 25% yaitu sebesar 5, sedangkan nilai pH terendah diperoleh pada konsentrasi KOH 30% dan 35% yaitu sebesar 3. Peningkatan pH dari 4 menjadi 5 pada konsentrasi KOH 25% menunjukkan bahwa jumlah basa yang digunakan masih mampu menetralkan sebagian sisa asam yang terdapat dalam larutan. Namun, pada konsentrasi KOH 30% dan 35%, nilai pH menurun menjadi 3. Hal ini diduga karena pada kondisi tersebut terjadi pembentukan tawas yang lebih optimal sehingga lebih banyak ion sulfat yang berikatan dengan aluminium dan menghasilkan suasana yang lebih asam. Meskipun demikian, seluruh nilai pH yang diperoleh pada penggunaan H_2SO_4 4 M masih memenuhi persyaratan SNI 0032:2011, yaitu pH minimum 3.

Pada penggunaan H_2SO_4 6 M, nilai pH tertinggi juga diperoleh pada konsentrasi KOH 25% yaitu sebesar 5, sedangkan nilai pH terendah diperoleh pada konsentrasi KOH 20% dan 30% yaitu sebesar 3. Penggunaan H_2SO_4 dengan konsentrasi lebih tinggi menyebabkan larutan cenderung lebih asam karena jumlah ion hidrogen (H^+) yang tersedia lebih banyak. Oleh karena itu, pada beberapa kondisi diperoleh nilai pH yang lebih rendah dibandingkan kondisi lainnya. Namun, peningkatan konsentrasi KOH hingga 35% dan 40% mampu meningkatkan pH menjadi 4 karena sebagian keasaman larutan dapat dinetralkan oleh basa yang digunakan. Seluruh sampel pada penggunaan H_2SO_4 6 M juga masih memenuhi persyaratan SNI 0032:2011.

Berdasarkan hasil penelitian, nilai pH tawas yang dihasilkan berada pada rentang 3–5. Nilai tersebut menunjukkan bahwa produk tawas yang diperoleh bersifat asam, yang merupakan karakteristik umum aluminium sulfat. Jika dibandingkan dengan SNI 0032:2011, seluruh sampel telah memenuhi persyaratan mutu untuk aluminium sulfat padat karena memiliki nilai $\text{pH} \geq 3$. Dengan demikian, variasi konsentrasi KOH dan H_2SO_4 berpengaruh terhadap nilai pH tawas yang dihasilkan, namun seluruh produk yang diperoleh masih berada dalam rentang yang diperbolehkan oleh standar.

Berdasarkan hasil analisis ANOVA dua faktor tanpa pengulangan pada taraf signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$), diperoleh nilai *P-value* faktor H_2SO_4 sebesar 1,000 ($> 0,05$) dan faktor KOH sebesar 0,084 ($> 0,05$). Hasil tersebut menunjukkan bahwa

variasi konsentrasi H_2SO_4 maupun KOH tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai pH tawas yang dihasilkan. Dengan demikian, perubahan konsentrasi kedua faktor tersebut belum memberikan perbedaan yang nyata terhadap tingkat keasaman produk tawas, sehingga nilai pH yang diperoleh relatif seragam pada seluruh perlakuan.