

# Optimasi Sulfonating Agent H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan Temperatur Operasi pada Sintesis Senyawa $\alpha$ -Naftalen Sulfonat

**Rintis Manfaati ; Dede Dini Rahman; Neng Sri Widianti**  
Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012  
Email : rintismanfaati@gmail.com; dede.dini.tkim12@polban.ac.id;  
neng.sriwidianti@gmail.com

## ABSTRAK

Sulfonasi adalah proses memasukkan gugus sulfonic acid (-SO<sub>2</sub>OH) atau sulfonil halida (-SO<sub>2</sub>Cl) pada bahan baku senyawa organik hidrokarbon. Pada penelitian ini proses sulfonasi dilakukan dengan menggunakan bahan baku naftalen teknis dan sulfonating agent H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 98 % untuk mendapatkan produk  $\alpha$ -naftalen sulfonat. Sulfonasi naftalen dipilih karena memiliki kondisi operasi yang ringan yaitu berlangsung pada temperatur dibawah 80°C sehingga dapat diterapkan pada Laboratorium Satuan Proses sebagai modul praktikum Satuan Proses 2. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui jumlah sulfonating agent (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 98%) dan temperatur reaksi optimum pada sulfonasi naftalen. Variabel yang divariasikan adalah jumlah sulfonating agent H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 98% yang dihitung berdasarkan pada variasi nilai  $\pi$  dan temperatur operasi. Nilai  $\pi$  menyatakan konsentrasi SO<sub>3</sub> minimum yang harus dipertahankan di dalam reaktor agar proses sulfonasi tetap berlangsung. Analisis yang dilakukan adalah pengujian titik leleh, %yield produk, serta sisa asam. Proses sulfonasi naftalen dilakukan dengan massa naftalen 5 gram, waktu reaksi 60 menit dan kecepatan pengadukan 40-50 rpm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum diperoleh pada jumlah sulfonating agent H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 98% sebanyak 2,9 ml untuk nilai  $\pi = 52$  dan temperatur operasi 70oC dengan titik leleh 78,9oC dan persentase yield produk sebesar 43,23%.

**Kata Kunci.** *Sulfonasi,  $\alpha$ -naftalen sulfonat, sulfonating agent, nilai  $\pi$ , temperatur*

## PENDAHULUAN

Pemilihan modul praktikum Satuan Proses harus disesuaikan dengan kapasitas laboratorium seperti peralatan proses yang mampu menyediakan kondisi operasi proses, kesehatan dan keselamatan kerja, ketersediaan bahan baku/agent, dan waktu praktikum. Sintesis senyawa organik umumnya berlangsung pada kondisi operasi (suhu dan tekanan) yang cukup tinggi, waktu reaksi dan purifikasi yang lama, dan melibatkan bahan baku berbasisan petroleum yang bersifat racun dan karsinogenik. Penelitian yang seksama diperlukan agar suatu modul praktikum layak dan aman diaplikasikan pada skala laboratorium.

Sulfonasi adalah proses utama industri kimia yang digunakan untuk membuat berbagai macam produk. Proses sulfonasi diaplikasikan di industri kertas dalam pembentukan lignin sulfonat, pada pembuatan deterjen (dodecylbenzene sulfonat) sebagai zat aktif permukaan, metan/toluen sulfonat sebagai katalis untuk elektroplating, dan aromatik sulfonil klorida sebagai bahan baku pembuatan sulfonat/sulfur amides (sulfadrugs, sweetening agent, pewarna tekstil, dan tanning agent) [1].

Proses sulfonasi menggunakan bahan baku naftalen dengan sulfonating agent concentrated H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dapat berlangsung pada temperatur kurang dari 80°C dengan tekanan 1 atm, oleh karena itu, reaksi sulfonasi naftalen merupakan reaksi sulfonasi yang

cocok dan aman diterapkan di laboratorium Satuan Proses Teknik Kimia Politeknik Negeri Bandung.

Reaksi sulfonasi ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah konsentrasi  $SO_3$  dalam sulfonating agent serta temperatur operasi. Sulfonating agent  $H_2SO_4$  menyediakan kebutuhan elektrofil  $SO_3$  agar reaksi dapat berlangsung. Penentuan jumlah  $H_2SO_4$  yang ditambahkan berdasarkan pada nilai  $\pi$ , dimana nilai  $\pi$  menunjukkan konsentrasi minimum  $SO_3$  yang harus dipertahankan didalam reaktor agar 1 mol naftalen dapat habis bereaksi/ tersulfonasi.

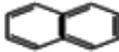
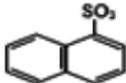
Pada proses sulfonasi naftalen temperatur operasi akan mempengaruhi letak gugus sulfonat pada bahan baku, jika temperatur operasi tinggi maka yang terbentuk adalah  $\beta$ -naftalen sulfonat, sedangkan  $\alpha$ -naftalen sulfonat akan terbentuk pada temperatur operasi yang lebih rendah. Jumlah sulfonating agent yang harus ditambahkan dan temperatur operasi sulfonasi naftalen harus diperhitungkan secara tepat untuk menghasilkan yield produk yang maksimum.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh jumlah sulfonating agent  $H_2SO_4$  dan temperatur operasi pada sintesis  $\alpha$ -naftalen sulfonat. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jumlah sulfonating agent  $H_2SO_4$  dan temperatur optimum untuk reaksi sulfonasi naftalen.

## TINJAUAN PUSTAKA

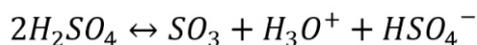
Naftalen sulfonat merupakan hasil dari proses sulfonasi dengan menggunakan naftalen sebagai bahan bakunya. Proses sulfonasi naftalen membentuk 2 jenis naftalen sulfonat, yaitu  $\alpha$  dan  $\beta$ -naftalen sulfonat yang dalam pembuatannya hanya dibedakan pada temperatur operasi.  $\alpha$ -naftalen sulfonat berbentuk padatan putih keabuan dengan titik leleh  $77-79^\circ C$ , tidak larut dalam air, namun dapat larut dalam pelarut organik. Sifat fisika dan kimia dari naftalen dan  $\alpha$ -naftalen sulfonat ditunjukkan pada Tabel 1

Tabel 1. Sifat fisika dan kimia naftalen dan  $\alpha$ -naftalen sulfonat

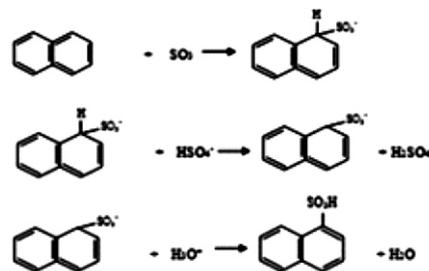
Sifat Fisika dan Kimia Senyawa		
	Naftalen	$\alpha$ -Naftalen Sulfonat
<b>Rumus Empiris</b>	$C_{10}H_8$	$C_{10}H_7O_2S$
<b>Berat Molekul</b>	128	208,24
<b>Warna</b>	Padatan putih	Padatan Abu
<b>Titik Leleh</b>	$79,5 - 81,6^\circ C$	$77-79^\circ C$
<b>Specific Gravity</b>	1,2 pada $20^\circ C$	-
<b>Struktur Molekul</b>		

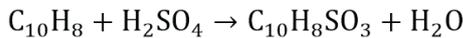
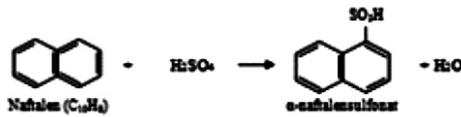
Sulfonasi merupakan proses memasukkan gugus sulfonic acid ( $-SO_2OH$ ) atau sulfonil halida ( $-SO_2Cl$ ) pada bahan baku senyawa organik hidrokarbon. Sulfonasi merupakan salah satu jenis reaksi substitusi aromatis elektropilik [2]. Reaksi sulfonasi merupakan reaksi reversibel atau bolak balik, namun pada temperatur rendah bersifat irreversibel karena reaksi desulfonasi berjalan sangat lambat. Reaksi sulfonasi sangat bergantung pada reaktifitas senyawa aromatis dan sifat dari senyawa elektrofilik yang diturunkan dari  $H_2SO_4$  (asam sulfat) atau  $SO_3$  (sulfur trioksida) [3].

Mekanisme reaksi sulfonasi dengan sulfonating agent concentrated  $H_2SO_4$  diawali dengan pembentukan elektrofilik ( $SO_3$ ). Pada tahap ini terjadi penguraian asam sulfat.



Pada tahap selanjutnya, terjadi proses penyerangan senyawa naftalen oleh elektrofilik yang terbentuk [4].





Reaksi sulfonasi dengan sulfonating agent H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> merupakan reaksi yang bersifat endoterm sehingga diperlukan penambahan energi dari luar sistem. Produk samping yang dihasilkan dari reaksi sulfonasi dengan sulfonating agent H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> adalah H<sub>2</sub>O

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses Sulfonasi diantaranya adalah konsentrasi SO<sub>3</sub> pada Sulfonating Agent dalam reaktor serta temperatur operasi.

### 1. Konsentrasi SO<sub>3</sub> pada Sulfonating Agent dalam reaktor

Proses sulfonasi dapat berlangsung dengan baik tergantung pada konsentrasi SO<sub>3</sub> dalam sulfonating agent yang digunakan. Konsentrasi SO<sub>3</sub> minimum yang diperlukan agar reaksi sulfonasi tetap berlangsung didefinisikan sebagai  $\pi$ . Persamaan yang menyatakan massa sulfonating agent H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (gr) yang dibutuhkan untuk mensulfonasi 1 mol senyawa organik diuraikan pada persamaan (1).

$$\frac{X_\alpha}{100} = 80 + (X - 80) \frac{\pi}{100}$$

atau

$$X = 80 \frac{100 - \pi}{\alpha - \pi} \dots \dots \dots (1)$$

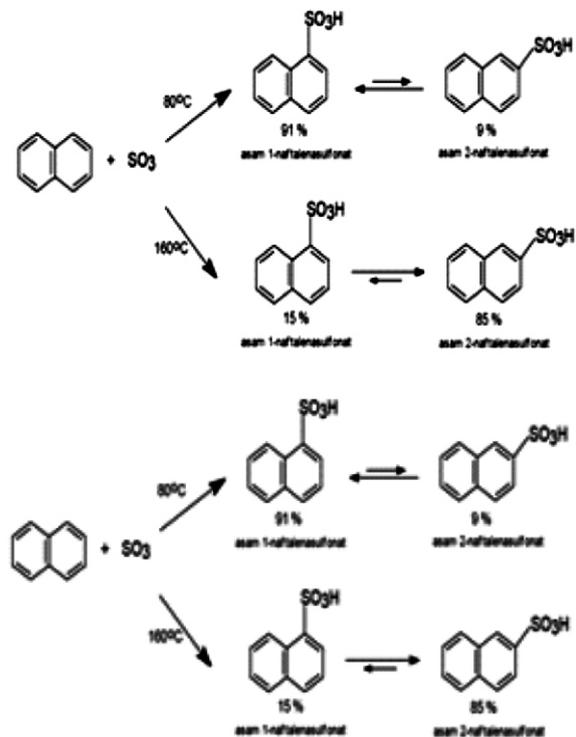
$\alpha$  adalah %SO<sub>3</sub> yang terkandung dalam sulfonating agent H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Setiap senyawa organik memiliki nilai  $\pi$  yang berbeda-beda seperti yang ditunjukkan Tabel 2. Semakin mudah suatu bahan organik disulfonasi semakin rendah nilai  $\pi$  nya [1].

Tabel 2. Nilai  $\pi$  beberapa senyawa organik [1]

	Nilai $\pi$	Persen H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Naphtalene (monosulfonation at 60°C)	56	68,5
Naphtalene (monosulfonation at 160°C)	52	63,7
Naphtalene (trisulfonation at 160°C)	79,8	97,3
Nitrobenzene (monosulfonation)	82	100,1

### 2. Temperatur Operasi

Proses sulfonasi naftalen membentuk 2 jenis naftalen sulfonat, yaitu  $\alpha$  dan  $\beta$ -naftalen sulfonat. Kedua jenis naftalen sulfonat tersebut berbeda pada penempatan gugus -SO<sub>3</sub>H pada naftalen. Pengaruh temperatur terhadap pembentukan naftalen sulfonat dan distribusi pembentukan  $\alpha$  dan  $\beta$ -naftalen sulfonat disajikan pada Gambar 1 dan Tabel 3.



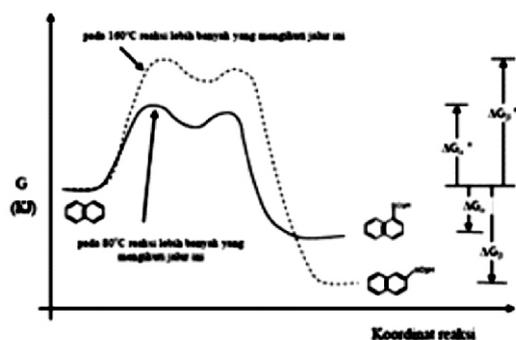
Gambar 1. Pembentukan Naftalen Sulfonat pada Temperatur Berbeda

Tabel 3. Pengaruh temperatur terhadap sulfonasi naftalen [1]

Temp (°C)	80	90	100	110,5	124	129	138,5	150	161
Alpha (%)	91,0	90,0	83,0	72,6	52,4	44,4	28,4	18,3	18,4
Beta (%)	9,0	10,0	17,0	27,4	47,6	55,6	71,6	81,7	81,6

Pada temperatur rendah, reaksi dikendalikan oleh faktor kinetika atau faktor cepat-lambatnya reaksi.  $\alpha$ -naftalen sulfonat akan lebih cepat terbentuk pada kondisi ini karena reaksi berlangsung pada jalur energi aktivasi

yang lebih rendah. Reaksi yang berlangsung pada temperatur yang lebih tinggi akan dikendalikan oleh faktor termodinamika atau faktor kestabilan produk. Pada kondisi ini reaksi akan menghasilkan  $\beta$ -naftalen sulfonat yang lebih stabil karena nilai  $\Delta G\beta$  yang lebih negatif meskipun memiliki energi aktivasi yang lebih tinggi [5]. Diagram energi untuk sulfonasi naftalen disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Energi Sulfonasi Naftalen

## METODE

Metode penelitian yang digunakan pada sintesis senyawa  $\alpha$ -naftalen sulfonat merupakan metode eksperimental yang terdiri dari beberapa tahap berkesinambungan. Tahap I adalah mengetahui kondisi proses sulfonasi naftalen, nilai  $\pi$ , dan karakteristik produk berdasarkan literatur.

Tahap II adalah proses sulfonasi naftalen menjadi senyawa  $\alpha$ -naftalen sulfonat. Pada tahap ini jumlah naftalen yang digunakan adalah 5 gram, dengan variabel yang di variasikan adalah nilai  $\pi$ . Jumlah sulfonating agent  $H_2SO_4$  ditentukan dengan menggunakan persamaan (1). Setelah itu dilakukan proses pemurnian produk dari sisa asam dan naftalen yang tidak bereaksi. Data yang diambil adalah berat produk yang dihasilkan, titik leleh produk, sisa asam dan jumlah sulfonating agent  $H_2SO_4$  optimum.

Tahap III adalah proses sulfonasi naftalen menjadi senyawa  $\alpha$ -naftalen sulfonat dengan menggunakan jumlah sulfonating agent  $H_2SO_4$  optimum. Variabel yang divariasikan adalah temperatur operasi, yaitu dari 40–80°C. Data yang diambil adalah berat

produk yang dihasilkan, titik leleh produk, jumlah sisa asam dan temperatur optimum sulfonasi.

Tahap IV adalah proses sulfonasi naftalen menjadi senyawa  $\alpha$ -naftalen sulfonat dengan menggunakan jumlah sulfonating agent  $H_2SO_4$  dan temperatur optimum. Kemudian dilakukan analisis titik leleh, berat produk yang dihasilkan, sisa asam dan analisis FTIR.

Proses reaksi sulfonasi naftalen dilakukan secara batch di dalam erlemeyer dengan menggunakan penangas air. Kondisi operasi yang dipertahankan tetap adalah massa naftalen sebanyak 5 gram yang dilarutkan dalam pelarut diklorometan, konsentrasi sulfonating agent  $H_2SO_4$  98 %, kecepatan pengadukan pada 40-50 rpm, dan waktu reaksi selama 60 menit. Pemurnian produk dilakukan dengan menggunakan pelarut etanol 96%.

Analisis yang dilakukan terhadap produk  $\alpha$ -naftalen sulfonat adalah analisis titik leleh menggunakan digital melting point apparatus-Elektrothermal, berat kering produk dengan metode gravimetri, analisis sisa asam dengan metode titrasi dan analisis FTIR (Fourier Transform Infra Red). Analisis FTIR (Fourier Transform Infra Red) dilakukan di laboratorium Kimia Analitik, Jurusan Kimia ITB.

## DISKUSI

### Sulfonasi Naftalen pada Variasi Jumlah Sulfonating Agent $H_2SO_4$ 98%

Hasil analisis untuk sulfonasi naftalen pada variasi jumlah sulfonating agent  $H_2SO_4$  disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil analisis produk  $\alpha$ -naftalen sulfonat dengan variasi jumlah sulfonating agent  $H_2SO_4$  98%

Run	Temp (°C)	$H_2SO_4$ (ml)	Titik Leleh (°C)	Yield Produk (%)	Sisa $H_2SO_4$ (M)
1	60	2,75	80,1	34,64	3,85
2	60	2,90	79,0	41,88	3,62
3	60	3,10	78,4	30,95	3,85
4	60	3,39	78,1	31,32	4,23
5	60	3,80	80,7	27,02	4,69

Dari Tabel 4 terlihat bahwa titik leleh produk yang mendekati titik leleh  $\alpha$ -naftalen sulfonat berdasarkan literatur (77 - 79°C) terjadi pada jumlah sulfonating agent H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2,90 ml, 3,10 ml, dan 3,39 ml, masing-masing adalah 79°C, 78,4°C, dan 78,1°C. Produk yang dihasilkan pada jumlah sulfonating agent H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2,90 ml, 3,10 ml, dan 3,39 ml memiliki warna putih kelabu/abu-abu dan berbentuk kristal/serbuk halus. Sementara itu titik leleh pada jumlah sulfonating agent H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2,75 ml dan 3,80 ml menyimpang dari nilai titik leleh  $\alpha$ -naftalen sulfonat. Titik leleh yang menyimpang ini disebabkan oleh banyaknya pengotor dalam produk yang dihasilkan. Pengotor ini dapat berupa naftalen yang tidak bereaksi serta senyawa pengotor lain yang terdapat pada bahan baku yang digunakan.

Tabel 4 juga menunjukkan bahwa %yield pada penambahan sulfonating agent H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebanyak 2,75 ml ke 2,90 ml mengalami peningkatan yang cukup berarti, namun pada penambahan sulfonating agent H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebanyak 3,10 ml hingga 3,80 ml menunjukkan penurunan %yield yang cukup berarti pula. Hal ini terjadi karena sifat alamiah dari senyawa aromatik, dimana senyawa aromatik merupakan senyawa yang sangat reaktif. Pada senyawa aromatik terdapat elektron – elektron yang bergerak pada cincin aromatiknya [2]. Kelebihan asam pada reaktor akan menarik elektron dalam cincin aromatik naftalen. Penurunan jumlah elektron di cincin naftalen akan mengurangi kereaktifan naftalen sehingga %yield produk yang dihasilkan menjadi berkurang.

Pada Tabel 4 ditunjukkan bahwa pada penambahan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebanyak 2,7 ml ke 2,9 ml konsentrasi sisa asam mengalami penurunan, namun pada penambahan sulfonating agent H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dari 3,1 ml ke 3,8 ml konsentrasi sisa asam dalam reaktor mengalami kenaikan. Penambahan jumlah H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> berlebih pada awal reaksi akan berpengaruh pada jumlah asam sisa. Semakin banyak penambahan jumlah H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> akan menyebabkan kereaktifan aromatik naftalen berkurang. Kereaktifan naftalen yang berkurang menyebabkan

jumlah asam sisa yang berada dalam reaktor akan semakin meningkat.

### Sulfonasi Naftalen pada Variasi Temperatur Operasi

Hasil penelitian untuk sulfonasi naftalen pada variasi temperatur operasi disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil analisis produk  $\alpha$ -naftalen sulfonat dengan variasi temperatur operasi

Run	Temp (°C)	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (ml)	Titik Leleh (°C)	Yield Produk (%)	Sisa H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (M)
1	40	2,9	78,2	8,35	3,86
2	50	2,9	78,8	46,06	3,79
3	60	2,9	79,0	33,90	3,59
4	70	2,9	77,4	47,16	3,36
5	80	2,9	78,5	44,22	3,04

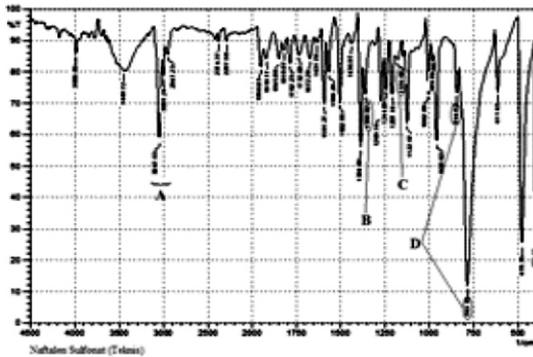
Hasil analisis menghasilkan %yield produk dengan bahan baku naftalen teknis lebih besar dari %yield produk yang menggunakan naftalen pa. Hal ini terjadi karena ada pengotor dari naftalen teknis yang ikut tersulfonasi sehingga menambah % yield produk. Pengotor yang terdapat dalam produk masih berada dalam batas yang normal karena tidak mempengaruhi kualitas dari produk  $\alpha$ -naftalen sulfonat yang ditunjukkan dengan titik leleh kedua produk yang dihasilkan berada pada rentang titik leleh  $\alpha$ -naftalen sulfonat sesuai literatur.

Pada penggunaan bahan baku naftalen teknis, keadaan optimum proses sulfonasi tercapai pada nilai  $\pi$  52 dan suhu 70°C, nilai tersebut menunjukkan penyimpangan dari kondisi optimum menurut Groggins (lihat Tabel 2) yang mana kondisi proses sulfonasi untuk monosulfonasi naftalen pada suhu 60°C dengan nilai  $\pi$  sebesar 56. Perbedaan nilai optimum tersebut disebabkan karena perbedaan kereaktifan dari bahan baku yang digunakan. Untuk bahan baku Naftalen Teknis yang digunakan dengan merk dagang “Bagus”, kondisi optimum tercapai pada temperatur yang lebih tinggi dengan nilai  $\pi$

yang lebih rendah.

### Karakteristik Produk $\alpha$ -Naftalen Sulfonat dengan Analisis FTIR

Hasil analisis gugus fungsi produk naftalen sulfonat dengan menggunakan alat FTIR pada penggunaan bahan baku naftalen teknis ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Analisis FTIR Produk Naftalen Sulfonat Bahan Baku Naftalen Teknis

Nilai panjang gelombang masing-masing gugus fungsi berdasarkan literatur dan hasil dari analisis disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai serapan gugus fungsi naftalen sulfonat [6]

Gugus Fungsi	Literatur (Silverstein, 1986)	Naftalen Sulfonat (Naftalen Teknis)	Naftalen Sulfonat (Naftalen p.a)
Aromatik Poli Iari	900-675 $\text{cm}^{-1}$	783,10 $\text{cm}^{-1}$ ; 844,82 $\text{cm}^{-1}$	783,10 $\text{cm}^{-1}$ ; 844,82 $\text{cm}^{-1}$
SO <sub>2</sub> taksimetris	1372 – 1335 $\text{cm}^{-1}$	1359,82 $\text{cm}^{-1}$	1359,82 $\text{cm}^{-1}$
SO <sub>2</sub> simetris	1195 – 1168 $\text{cm}^{-1}$	1176,58 $\text{cm}^{-1}$	1176,58 $\text{cm}^{-1}$
C-H aromatis	3100 – 3000 $\text{cm}^{-1}$	3001,24 $\text{cm}^{-1}$ ; 3047,53 $\text{cm}^{-1}$	3001,24 $\text{cm}^{-1}$ ; 3049,46 $\text{cm}^{-1}$

### DAFTAR PUSTAKA

Groggins, P.H. (1958). Unit Processes in Organic Syntesis, 5th Edition. International Student Edition: Mc. Gram- Hill kogakusha, Ltd.  
Fessenden, R., & Fessenden, J. (1982).

Uji FTIR produk  $\alpha$ -naftalen sulfonat menunjukkan bahwa gugus SO<sub>3</sub>- telah tersubstitusi ke dalam naftalen pada nilai serapan SO<sub>3</sub> tak simetris 1359,82  $\text{cm}^{-1}$  dan SO<sub>3</sub> simetris 1176,58  $\text{cm}^{-1}$ . Nilai serapan tersebut masuk dalam range nilai serapan literatur yaitu nilai serapan SO<sub>3</sub> tak simetris 1372 – 1335  $\text{cm}^{-1}$  dan SO<sub>3</sub> simetris 1195 – 1168  $\text{cm}^{-1}$ .

### SIMPULAN

Sulfonasi naftalen merupakan proses sulfonasi yang dapat dilakukan pada kondisi operasi yang ringan sehingga dapat diaplikasikan di Laboratorium Satuan Proses Politeknik Negeri Bandung. Reaksi sulfonasi naftalen sangat dipengaruhi oleh jumlah sulfonating agent yang ditambahkan dan temperatur operasinya. Jumlah sulfonating agent H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> berpengaruh pada pemenuhan konsentrasi elektrofil SO<sub>3</sub> agar reaksi sulfonasi dapat berlangsung, sedangkan temperatur operasi berpengaruh pada pemenuhan energi yang dibutuhkan selama proses sulfonasi. Jumlah sulfonating agent H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> optimum untuk mensulfonasi naftalen teknis dengan merk “Bagus” sebanyak 5 gram adalah 2,90 ml dengan nilai  $\pi$  52. Produk yang dihasilkan memiliki titik leleh 78,9°C dan %yield produk sebanyak 43,23%. Temperatur optimum reaksi sulfonasi naftalen adalah 70°C.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini baik di Laboratorium Satuan proses maupun di lingkungan Program Studi D3 Teknik Kimia Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Bandung.

Organic Chemistry, 2nd Edition. Massachusetts, USA: Williard Grant Press Publisher.

Katrizky, A. R., Kim, M. S., Fedoseyenko, D., Widyan, K., Siskin, M., &

- Fransisco, M. (2014). The Sulfonation of Aromatic and Heteroaromatic Polycyclic Compound. USA: Department of Chemistry, University of Florida.
- Solomons, T.G. (1978). Organic Chemistry. Newyork: John Wiley & Sons, Inc.
- Weininger, S., & Stermitz, F. (1984). Organic Chemistry. Academic Press, Inc: United States of America.
- Silverstein, R., Bassler, C., & Morrill T. (1986). Penyidikan Spektrometri Senyawa Organik Edisi Keempat. Jakarta: Erlangga.