

PENGARUH KONSENTRASI KOH DAN WAKTU PENGADUKAN PADA PEMBUATAN ASAM OKSALAT DARI BATANG SINGKONG

Rizky Herdiyansah, Dian Najabullah, Titi Susilowati

¹⁾ Program Studi Teknik Kimia Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Jalan Raya Rungkut Madya No. 1 Gunung Anyar, Kota Surabaya, Jawa Timur 60249, Indonesia
^{*} Penulis Korespondensi: E-mail: titis.tk@upnjatim.ac.id

Abstrak

Menjadi salah satu negara produsen singkong terbesar dunia, pemanfaatan singkong di Indonesia selama ini hanya terbatas pada bagian umbi sedangkan bagian batang singkong masih belum dimanfaatkan secara maksimal. Padahal batang singkong tinggi akan kandungan selulosa yang dapat digunakan untuk bahan baku alternatif dalam pembuatan asam oksalat. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk membuat asam oksalat dari batang singkong dengan mempelajari pengaruh konsentrasi KOH dan waktu pengadukan. Pembuatan asam oksalat dari batang singkong dimulai dari peleburan alkali dengan menambahkan larutan KOH pada serbuk batang singkong, kemudian filtrat ditambahkan CaCl₂ 10%, dan endapan yang didapatkan diasamkan dengan menambahkan H₂SO₄ 4 N hingga didapatkan endapan. Filtrat dipanaskan selanjutnya didinginkan hingga terbentuk kristal asam oksalat dan dipisahkan. filtrat dianalisa dengan titrasi asam basa dan spektroskopi FTIR. Pada tahap peleburan alkali serbuk batang singkong ditambahkan dengan larutan KOH menghasilkan kalium oksalat. Variasi konsentrasi KOH yang dipakai ialah 0,5; 0,75; 1; 1,25; dan 1,5 N; dengan waktu pengadukan 30, 45, 60, dan 75 menit. Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan didapat hasil terbaik pada kondisi konsentrasi KOH 0,5 N dan waktu pengadukan 75 menit dengan kadar asam oksalat sebesar 5,156% dari 40 gram serbuk batang singkong dengan kandungan selulosa 57,04%.

Kata kunci: batang singkong; selulosa; KOH; asam oksalat

Abstract (Bahasa Inggris)

Being one of the world's largest cassava producer countries, the utilization of cassava in Indonesia has so far been limited to the tuber while the cassava stem has not been fully utilized. Whereas cassava stems are high in cellulose content which can be used as alternative raw materials in the manufacture of oxalic acid. The purpose of this research was to make oxalic acid from cassava stems by studying the effect of KOH concentration and stirring time. The manufacture of oxalic acid from cassava stems begins with alkaline smelting by adding KOH solution to cassava stem powder, then 10% CaCl₂ is added to the filtrate, and the precipitate obtained is acidified by adding 4 N H₂SO₄ to obtain a precipitate. The filtrate is heated and then cooled to form oxalic acid crystals and separated. The filtrate was analyzed by titration and FTIR spectroscopy. In the alkaline melting stage, cassava stem powder is added KOH solution to produce potassium oxalate. Variations in the concentration of KOH used were 0.5; 0.75; 1; 1.25; and 1.5 N; with stirring time of 30, 45, 60, and 75 minutes. Based on the results of the research that has been done, the best results were obtained at the condition of 0.5 N KOH concentration and 75 minutes stirred time with oxalic acid content of 5.156% from 40 grams of cassava stem powder with 57.04% cellulose content.

Key words: cassava stem; cellulose; KOH; oxalic acid

PENDAHULUAN

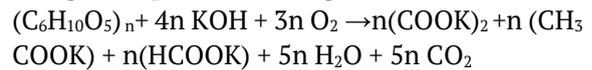
Ketela pohon atau sering dikenal dengan sebutan singkong merupakan tumbuhan yang sudah lama dikenal di Indonesia. Umbi tanaman ini kaya akan karbohidrat sehingga menjadi salah satu makanan pokok di Indonesia. Namun, hanya 10% dari bagian batang singkong yang dimanfaatkan kembali sebagai bibit sedang 90% sisanya menjadi limbah [1]. Pada tahun 2020 produksi singkong di Indonesia mencapai 18,3 juta ton. Dengan asumsi jumlah batang tanaman singkong 2% dari produksi singkongnya, maka akan didapat 329.400 ton limbah batang singkong. Berdasarkan hal ini alangkah lebih baik apabila limbah batang singkong dapat digunakan atau diolah menjadi sesuatu. Batang tanaman ubi kayu (singkong) memiliki kandungan alpha - selulosa 38,76% berat, hemiselulosa 24,35% berat, lignin 13,18% berat, bahan - bahan ekstraktif 22,16% berat, dan abu 1,55% berat [2]. Kandungan selulosa yang tinggi ini memungkinkan untuk digunakan menjadi bahan baku alternatif dalam pembuatan asam oksalat.

Asam oksalat atau asam etanadioat, merupakan asam dikarboksilat paling sederhana, memiliki berat molekul 90,04 gr/mol, dengan rumus HOOC-COOH. Asam oksalat berguna dalam dunia industri antara lain sebagai metal treatment, pelapisan oksalat (oxalate coatings), metal cleaning, sebagai dyeing atau mordanting dalam proses pencelupan kain pada industri textiles, dan untuk membunuh bakteri pada kain [3]. Menurut Dewati (2010) asam oksalat digunakan sebagai bahan peledak, rayon, katalis, pemurnian gliserol, pembuat seluloid, reagen laboratorium, dan pembuatan zat warna, serta sebagai pembersih peralatan dari besi [4].

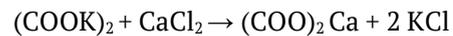
Beberapa metode dalam pembuatan asam oksalat antara lain oksidasi karbohidrat, oksidasi etilen glikol, oksidasi propilen, hidrolisis diester asam oksalat, dan peleburan alkali. Pada proses peleburan alkali bahan baku yang digunakan tinggi akan selulosa seperti tongkol jagung, sekam padi, serbuk gergaji, dan sebagainya yang dilebur dengan KOH dan NaOH [5]. Dalam proses peleburan alkali, ikatan lignin dengan selulosa akan terlepas karena senyawa alkali, pemanasan lebih lanjut akan mengalami

oksidasi dan perombakan mengakibatkan terbentuknya garam - garam asetat, oksalat, dan formiat [6].

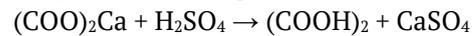
Menurut Kurniawan (2017) dalam pembuatan asam oksalat dibagi menjadi empat tahapan, yaitu tahap peleburan, tahap pengendapan, tahap pengasaman, dan tahap kristalisasi [7]. Pada tahap peleburan alkali, selulosa dalam batang singkong akan mengalami peleburan dengan larutan KOH.



Pada tahap pengendapan, filtrat hasil peleburan berupa kalium oksalat akan diendapkan menjadi kalsium oksalat menggunakan larutan CaCl₂ (kalsium klorida), kemudian endapan yang dihasilkan akan disaring untuk dipisahkan. Reaksi sebagai berikut:



Di tahap pengasaman, hasil endapan berupa kalsium oksalat diasamkan dengan asam sulfat (H₂SO₄) encer lalu filtrat dipisahkan dari endapannya. Reaksi sebagai berikut:



Pada tahap kristalisasi, filtrat dipanaskan kemudian didinginkan hingga terbentuk kristal asam oksalat. Selanjutnya kristal dipisahkan melalui penyaringan.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan yaitu batang singkong, kalium hidroksida (KOH), kalsium klorida (CaCl₂), asam sulfat (H₂SO₄), dan natrium hidroksida (NaOH). Batang singkong diperoleh dari sawah di daerah Kec.Wringinanom, Kab. Gresik; KOH dan CaCl₂ diperoleh dari toko Indo Kimia jalan Tidar 278, Surabaya; sedangkan H₂SO₄ dan NaOH diperoleh dari toko Dunia Kimia jalan Tidar 154, Surabaya.

Alat

Alat yang digunakan berupa rangkaian sederhana untuk proses peleburan alkali yang terdiri dari beaker glass, thermometer, hot plate magnetic stirrer, dan aluminium foil; rangkaian alat titrasi sederhana yang disusun dari buret, erlenmeyer, statif dan klem; serta alat pendukung lainnya seperti ayakan 40 mesh, pH

meter, kertas saring, gelas ukur, pipet, spatula, dan labu ukur.

Prosedur

Batang singkong yang digunakan dibersihkan terlebih dahulu dengan menghilangkan kulit, gabus, dan kambiumnya. Kemudian dicacah kecil – kecil dan dijemur di bawah sinar matahari sampai kering selama kurang lebih satu minggu. Batang singkong yang sudah kering dihaluskan menggunakan mesin penggiling di Pasar Wonokromo. Selanjutnya dilakukan pengayakan hingga didapat serbuk batang singkong 40 mesh. Setelah itu, membuat larutan KOH dengan konsentrasi peubah 0,5 N; 0,75 N; 1 N; 1,25 N; dan 1,5 N; larutan CaCl₂ 10%, dan larutan H₂SO₄ 4N.

Setelah bahan dan alat yang akan digunakan telah disiapkan, dilanjutkan dengan memasukkan serbuk batang singkong sebanyak 40 gram ke dalam beaker glass pada rangkaian alat sederhana yang sudah dirancang untuk proses peleburan alkali dengan menambahkan larutan KOH sesuai variabel pada kecepatan 1200 rpm dan waktu pengadukan yang sudah ditentukan pada suhu 95 – 100 oC. Kemudian larutan disaring dan diambil filtratnya. Filtrat hasil peleburan tersebut lalu ditambahkan larutan CaCl₂ 10% hingga terbentuk endapan lalu disaring. Endapan yang didapat ditambahkan H₂SO₄ 4N sampai endapan terbentuk lalu disaring. Filtrat dipanaskan pada suhu 70°C selama kurang lebih 5 menit, kemudian didinginkan pada suhu kamar selama 1 minggu sampai terbentuk kristal asam oksalat dan disaring untuk dipisahkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Hasil

Filtrat yang didapat dilakukan analisa dengan titrasi asam basa dan spektroskopi FTIR (Spektrofotometer Fourier Transform Infra Red). Pada titrasi asam basa filtrat hasil pengasaman dititrasi dengan bantuan indikator fenolftalein menggunakan larutan NaOH 1 N sampai terjadi perubahan warna menjadi merah muda pada larutan. Kadar asam oksalat dapat dicari menggunakan rumus berikut.

$$\% \text{ asam oksalat} = \frac{N_{\text{NaOH}} \times V_{\text{NaOH}} \times (Mr/\text{valensi})}{\text{berat sampel}} \times 100 \dots (1)$$

Untuk analisis spektroskopi FTIR dilakukan di Laboratorium Fakultas Farmasi Universitas Airlangga jalan Surabaya.

Analisa Bahan Baku

Bahan serbuk batang singkong terlebih dahulu dilakukan pretreatment. Serbuk batang singkong dianalisa kandungan selulosanya menggunakan metode chesson sehingga diperoleh kandungan selulosa seperti pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Kandungan Serbuk Batang Singkong

Komponen	Kandungan (%)
Selulosa	57.04
Lignin	23.40

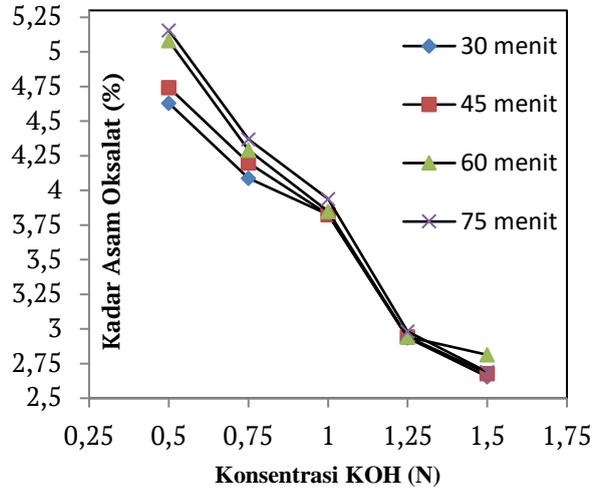
Kadar Asam Oksalat

Kadar asam oksalat didapat menggunakan metode titrasi dimana hasil larutan asam oksalat diambil 10 ml kemudian ditambahkan indikator phenolftalein sebanyak 3 tetes, selanjutnya dititrasi menggunakan larutan NaOH 1 N sehingga diperoleh kadar asam oksalat seperti ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisa Kadar Asam Oksalat terhadap Konsentrasi KOH dan Waktu Pengadukan yang Berbeda

Waktu Pengadukan (menit)	Konsentrasi KOH (N)	Kadar Asam Oksalat (%)
30	0,5	4,631
	0,75	4,088
	1	3,825
	1,25	2,936
	1,5	2,655
45	0,5	4,744
	0,75	4,200
	1	3,825
	1,25	2,944
	1,5	2,678
60	0,5	5,081
	0,75	4,292
	1	3,848
	1,25	2,944
	1,5	2,813
75	0,5	5,156
	0,75	4,369
	1	3,938
	1,25	2,981
	1,5	2,689

Pada tabel 1 menunjukkan kadar asam oksalat tertinggi diperoleh pada konsentrasi KOH 0,5 N dan waktu pengadukan 75 menit dengan kadar asam oksalat sebesar 5,156%.

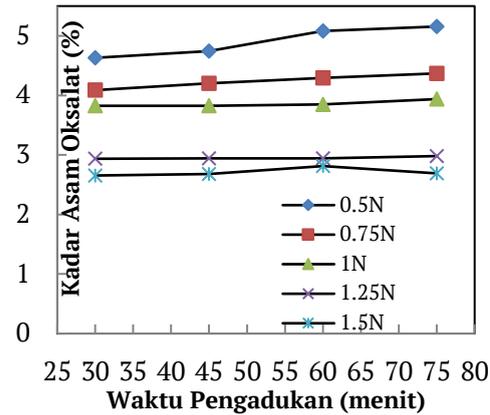


Gambar 1. Hubungan Konsentrasi KOH terhadap Kadar Asam Oksalat pada Waktu Pengadukan yang Berbeda

Pada gambar 1 terlihat bahwa semakin besar konsentrasi KOH menyebabkan kadar asam oksalat yang diperoleh akan semakin menurun. Menurut Mardina (2013) pada pengaruh NaOH terhadap proses delignifikasi pada tongkol jagung, kandungan lignin akan berkurang ketika dilarutkan dengan senyawa alkali seperti NaOH atau KOH, kemudian mereaksikan selulosa sehingga akan dihasilkan kalium oksalat secara maksimal. Berdasarkan reaksi, peleburan alkali akan menghasilkan kalium oksalat dan senyawa lain seperti kalium formiat, kalium asetat, H₂O dan CO₂, dimana pada hasil yang didapatkan terjadi penurunan ketika konsentrasi KOH semakin tinggi [8]. Menurut Asip (2015) dalam pembuatan asam oksalat menggunakan ampas tebu, ketika konsentrasi terlalu tinggi akan terjadi penguraian lanjut kalium oksalat membentuk senyawa lain seperti kalium formiat, H₂O dan CO₂ [5]. Hal ini sesuai dengan penelitian Sunarti (2016) pada pembuatan asam oksalat menggunakan limbah kertas, dimana pada konsentrasi NaOH 50% terjadi penurunan kadar asam oksalat [9]. Berdasarkan hal tersebut diketahui bahwa penurunan kadar asam oksalat dikarenakan konsentrasi KOH terlalu tinggi sehingga terjadi penguraian lanjut kalium oksalat menjadi kalium formiat, H₂O dan CO₂. Penurunan kadar asam oksalat dikarenakan

adanya kesalahan dalam pengambilan variabel, dimana konsentrasi KOH yang ditentukan ialah 0,5; 0,75; 1; 1,25; dan 1,5 N; sedangkan konsentrasi KOH yang dibutuhkan berdasarkan stokiometri adalah 0,25 N. Hal inilah yang menyebabkan hasil kadar asam oksalat terus menurun.

Hubungan Waktu Pengadukan terhadap Kadar Asam Oksalat pada Konsentrasi KOH yang Berbeda



Gambar 2. Hubungan Waktu Pengadukan terhadap Kadar Asam Oksalat pada Konsentrasi KOH yang Berbeda

Dari gambar 2 diketahui bahwa lama waktu pengadukan mempengaruhi kadar asam oksalat, dimana terlihat semakin lama waktu pengadukan menyebabkan semakin tinggi kadar asam oksalat yang diperoleh. Kadar asam oksalat tertinggi didapatkan pada waktu pengadukan 75 menit dan konsentrasi 0,5 N KOH dengan kadar asam oksalat sebesar 5,156%, tetapi pada konsentrasi KOH 1,5 N terjadi penurunan pada waktu pengadukan 75 menit, hal ini disebabkan kurang stabilnya suhu pada waktu pengadukan sehingga terjadi penurunan pada waktu tersebut. Semakin lama waktu pengadukan, maka kontak yang antara partikel – partikel selulosa dan KOH akan semakin lama sehingga hasil yang diperoleh akan semakin meningkat. Menurut Asip (2015) semakin lama waktu pengadukan maka kalium oksalat yang terbentuk akan semakin tinggi sehingga asam oksalat yang dihasilkan menjadi semakin tinggi juga [5].

Dibuktikan dengan penelitian Febrianty (2016) pada pembuatan asam oksalat menggunakan tandan kosong kelapa sawit, dimana terjadi kenaikan kadar asam oksalat pada waktu pengadukan selama 75 menit [10].

Penampakan Hasil Asam Oksalat

Setelah proses kristalisasi dan dilakukan pemisahan akan didapatkan kristal seperti ditunjukkan pada gambar 3.

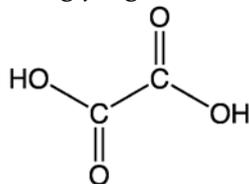


Gambar 3. Bentuk kristal asam oksalat, (a) Asam oksalat sintesis (b) Asam oksalat standar

Karakteristik asam oksalat sintetis tidak jauh berbeda dengan asam oksalat standar, dimana kristal asam oksalat berbentuk jarum-jarum kecil, berwarna putih. Kemudian dilakukan analisa pH asam oksalat dengan menggunakan pH meter dimana sebanyak 1 gram kristal asam oksalat diaduk dengan 100 ml air suling kemudian pHnya diukur menggunakan pH meter [11]. Hasil pengukuran diperoleh pH asam oksalat sintetis yaitu 1 (1gr/100ml) dan pH dari asam oksalat standar 1,2 (1gr/100ml), dari hasil tersebut nilai pH asam oksalat sintetis hampir sama dengan nilai pH asam oksalat standar.

Analisa Spektroskopi FTIR

Nama sistematis dari asam oksalat ialah asam etanadioat dan merupakan salah satu bentuk asam karboksilat paling sederhana dengan bentuk struktur seperti ditunjukkan pada gambar 4. Dari gambar 4 diketahui bahwa asam oksalat memiliki gugus hidroksil (O-H), gugus asam karboksilat / eter (C-O), gugus keton (C=O), dan gugus alkana (C-H). Setiap gugus fungsi memiliki daerah serapan dengan panjang gelombang yang berbeda – beda.



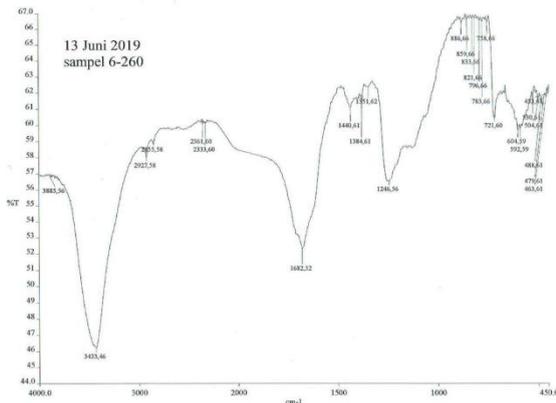
Gambar 4. Sruktur Bangun Asam Oksalat
Analisa spektroskopi FTIR digunakan untuk menentukan gugus fungsi berdasarkan pada panjang gelombang yang dihasilkan. Beberapa gugus fungsi memiliki panjang gelombang yang berbeda – beda seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Panjang Gelombang Beberapa Gugus Fungsi

Ikatan	Jenis Senyawa	Panjang Gelombang, cm ⁻¹	
C – H	Alkana	2850 – 2970	
		1340 – 1470	
	Alkena	3010 – 3095	
		675 – 995	
O – H	Alkana	3300	
	Cincin aromatic	3010 – 3100	
		690 – 900	
	Monomer aklohol, fenol	3590 - 3650	
	Ikatan hidrogen alkohol, fenol	3200 – 3600	
N – H	Asam karboksilat monomer	3500 – 3650	
	Ikatan hidrogen – asam karboksilat	2500 – 2700	
	Amina, amida	3300 – 3500	
C = C	Alkena	1610 – 1680	
	Cincin aromatik	1500 – 1600	
C ≡ C	Alkuna	2100 – 2260	
C – N	Amin, aminda	1180 – 1360	
C ≡ N	Nitril	2210 – 2280	
C – O	Alkohol, ester, eter, asam karboksilat	1050 – 1275	
	C = O	Aldehida, keton, ester, asam karboksilat	1690 – 1715
		Senyawa nitro	1500 – 1570
NO ₂		1300 – 1370	

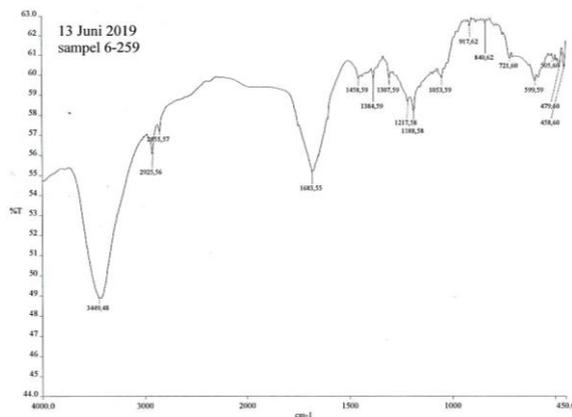
Sumber : Principle of Intrumental Analysis 7ed, Skoog, Holler, Nieman, 2016.

Berdasarkan tabel 2, kita dapat mengetahui panjang gelombang pada hasil analisa spektroskopi FTIR untuk menentukan gugus fungsi yang dihasilkan pada sintetis asam oksalat.



Gambar 5. Spektrum Inframerah (FTIR) Asam Oksalat Standar

Dari gambar 5 terlihat bahwa dalam asam oksalat standar memiliki serapan kuat. Pada regangan gugus O-H (oksigen – hidrogen) dimana pada asam oksalat standar didapatkan panjang gelombang pada 3433,46 cm⁻¹. Selanjutnya muncul puncak angka gelombang yang menunjukkan adanya gugus C=O yaitu pada panjang gelombang 1682,52 cm⁻¹. Kemudian muncul puncak angka gelombang yang menunjukkan adanya gugus C – O (karbon – oksigen) pada panjang gelombang 1246,56 cm⁻¹. Kemudian pada gugus C – H (cincin aromatik) pada panjang gelombang 721,60 cm⁻¹.



Gambar 6. Spektrum Inframerah (FTIR) Asam Oksalat Sintesis

Pada gambar 6 diketahui terdapat serapan kuat gugus hidroksil (O-H) yaitu dibilangan gelombang 3449,48 cm⁻¹. Kemudian pada gugus C=O didapatkan panjang gelombang yaitu 1683,55 cm⁻¹. Selanjutnya pada gugus C-O didapatkan panjang gelombang yaitu 1188,58 cm⁻¹. Kemudian terakhir pada gugus C-H didapatkan panjang gelombang yaitu 721,60 cm⁻¹.

Setelah dihasilkan data asam oksalat standar dan sintetis akan dibandingkan dengan hasil penelitian Maulina (2016) dalam pembuatan asam oksalat menggunakan pelepah kelapa sawit yang ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Panjang Gelombang Asam Oksalat Sintetis dengan Asam Oksalat Standard

Gugus	Panjang Gelombang (cm ⁻¹)		
	Asam Oksalat Standard	Asam Oksalat dari batang singkong	Asam Oksalat dari pelepah kelapa sawit [12]
O – H	3433.46	3449.48	3406.83
C = O	1682.52	1683.55	1685.97
C – O	1246.56	1188.58	1132.86
C – H	721.60	721.60	667.99

SIMPULAN

Dari hasil perbandingan vibrasi panjang gelombang antara ketiga sampel, asam oksalat standar, asam oksalat dari batang singkong, dan asam oksalat dari pelepah kelapa sawit (Maulina, 2016) dapat diketahui bahwa perbedaannya tidak terlalu jauh. Menurut Iriany (2015) jika diketahui bahwa hasil analisa spektroskopi FTIR ini tidak berbeda jauh antara asam oksalat sintetis dan asam oksalat standar, menunjukkan bahwa senyawa yang dihasilkan dalam penelitian ini ialah asam oksalat [13].

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Sumada, P. Erka Tamara, and F. Alqani, "Kajian Proses Isolasi A -Selulosa Dari Limbah Batang Tanaman Manihot Esculenta Crantz Yang Efisien," *J. Tek. Kim.*, vol. 5, no. 2, pp. 434–438, 2011.
- [2] L. U. Widodo, K. Sumada, C. Pujiastuti, and N. Karaman, "Pemisahan Alpha-Selulosa dari Limbah Batang Ubi Kayu Menggunakan Larutan Natrium Hidroksida," *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 7, no. 2. pp. 43–47, 2013. [Online]. Available: <https://www.mendeley.com/catalogue/k>

- andung-an-ph-total-asam-tertitrasi-padatan-terlarut-dan-vitamin-c-pada-beberapa-komoditas-hortikultu
- [3] R. E. Kirk, D. F. Othmer, and S. H. Newburger, *Encyclopedia of Chemical Technology*, vol. 36, no. 4. 1953. doi: 10.1093/jaoac/36.4.1190a.
- [4] R. Dewati, "Kinetika Reaksi Pembuatan Asam Oksalat dari Sabut Siwalan dengan Oksidator H₂O₂," *J. Penelit. Ilmu Tek.*, vol. 10, no. 1, pp. 29–37, 2010.
- [5] T. N. Asip F., Rizka Febrianti, "Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Waktu Peleburan pada Pembuatan Asam Oksalat dari Ampas Tebu," *J. Tek. Kim.*, vol. 21, no. 3, pp. 7–13, 2015.
- [6] M. Mufid, A. A. Wibowo, A. S. Suryandari, A. N. Fithriasari, and P. A. Nastiti, "Sintesis Asam Oksalat Dari Limbah Serbuk Kayu Jati (*Tectona Grandis* L.F.) Dengan Proses Hidrolisis Alkali," *J. Tek. Kim. dan Lingkung.*, vol. 2, no. 1, p. 17, 2018, doi: 10.33795/jtkl.v2i1.57.
- [7] A. Kurniawan and H. Haryanto, "Pengaruh Konsentrasi Larutan Potassium Pisang Kepok Kuning," *J. Teknol. Bahan Alam*, vol. 1, no. 1, pp. 12–16, 2017.
- [8] P. Mardina, A. I. Talalangi, J. F. M. Sitinjak, A. Nugroho, and M. R. Fahrizal, "Pengaruh Proses Delignifikasi Pada Produksi Glukosa Dari Tongkol Jagung Dengan Hidrolisis Asam Encer," *Konversi*, vol. 2, no. 2, p. 17, 2013, doi: 10.20527/k.v2i2.78.
- [9] Sunarti, "Variasi Konsentrasi Alkali dalam Produksi Asam Oksalat (H₂C₂O₄) dari Limbah Kertas dengan Peleburan Alkali," *Acta Crystallogr. Sect. B Struct. Crystallogr. Cryst. Chem.*, vol. 26, no. 10, pp. 1567–1574, 2016, [Online]. Available: <http://repositori.uin-alauddin.ac.id/7022/1/Sunarti.pdf>
- [10] Febriyati, Ramadhani, Irma, Harlia, Alimuddin, and A. Hairil, "Perbandingan Metode Hidrolisis Asam dan Basa Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Baku Pembuatan Asam Oksalat," *Jkk*, vol. 5, no. 4, pp. 22–28, 2016.
- [11] Zulharmitta, S. Maryani, and R. Rasyid, "PEMBUATAN NATRIUM KARBOKSIMETIL SELULOSA (Na CMC) DARI BATANG RUMPUT GAJAH (*Pennisetum purpureum* Schumach)," *J. Farm. Higea*, vol. 4, no. 2, pp. 92–99, 2012.
- [12] Seri Maulina and M Hidayat Hasibuan, "Pembuatan Asam Oksalat Dari Pelepah Kelapa Sawit Menggunakan Metode Peleburan Alkali," *J. Tek. Kim. USU*, vol. 5, no. 3, pp. 44–48, 2016, doi: 10.32734/jtk.v5i3.1544.
- [13] Iriany, Andrew Faguh Sitanggang, and Rahmad Dennie A. Pohan, "PEMBUATAN ASAM OKSALAT DARI ALANG-ALANG (*Imperata Cylindrica*) DENGAN METODE PELEBURAN ALKALI," *J. Tek. Kim. USU*, vol. 4, no. 1, pp. 16–19, 2015, doi: 10.32734/jtk.v4i1.1454.