

PENGARUH PELARUT *DEEP EUTECTIC SOLVENT* ASAM DAN PROFIL METABOLIT EKSTRAK DARI KULIT BATANG SAGU (*Metroxylon sago* Rottb. L)

Ulfah Zakiyah Hamdani^{1*}, Rosmalah Yanti², Riska Riska³

^{1&3}Program Studi Kimia, Universitas Cokroaminoto Palopo

²Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar, Universitas Cokroaminoto Palopo

Email korespondensi: ulfahzakiyah@uncp.ac.id

Abstrak

Telah dilakukan identifikasi senyawa yang terdapat dalam ekstrak *Deep Eutectic Solvent* (DES) asam dari kulit batang sagu (*Metroxylon sago* Rottb. L) menggunakan metode LC-MS. Studi meliputi tiga tahapan yaitu sintesis DES Kolin Klorida—Asam Oksalat (rasio molar 1:2) pada suhu 50°C (850 rpm), ekstraksi bubuk kulit batang sagu memakai metode sonikasi (40W; 5, 15 & 30 menit; 30°C) dengan pelarut DES, serta karakterisasi dengan LC-MS. Berdasarkan hasil identifikasi, terdapat 73 senyawa dimana terdapat 54,75% diantaranya merupakan senyawa hidrokarbon alifatik, dan 72,60% diantaranya memiliki gugus fungsi N. Semakin lama waktu sonikasi, semakin banyak senyawa fragmen bergugus fungsi N yang teridentifikasi. Terdapat 6 senyawa ekstrak yang memiliki sifat khas antara lain sebagai agen antikanker, *repellent*, anti-inflamasi, fitohormon, inhibitor biosintesis kolesterol dan bahan aktif produk perawatan kulit wajah.

Kata kunci: Pelarut Asam, Deep Eutectic Solvent, Profil Metabolit, Limbah Kulit Batang Sagu, LC-MS

Abstract

Identification of secondary metabolite from acidic Deep Eutectic Solvent extract of sago bark waste (Metroxylon sago Rottb. L) has been carried out using LC-MS method. The study has been conducted with 3 different stages, synthesis of DES Cholin Chloride—Oxalic Acid (molar ratio in 1:2) at 50°C (850 rpm), powdered sago bark waste extraction using sonication method (40W for 5, 15, 30 min at 30°C) with DES and extract identification with LC-MS. The results showed that there were 73 compounds which is 54,75% among them were alifatic hydrocarbon and 72,60% of it has N as functional group in its structure. The more sonication time, the more fragmented compound identified has N in its structure. There are 6 compounds from extract that has properties as anti cancer, repellent agent, anti-inflammation, phytohormone, cholesterol biosynthesis inhibitory, and active agent in skincare.

Keyword: Acidic Solvent, Deep Eutectic Solvent, Metabolite Profiling, Sago Bark Waste, LC-MS

PENDAHULUAN

Kulit batang sagu merupakan salah satu limbah pertanian terbesar yang ada di Luwu Raya (terdiri atas Kota Palopo, Kab. Luwu, Kab. Luwu Utara dan Kab. Luwu Timur). Limbah ini berasal dari hasil ekstraksi pati sagu secara tradisional oleh masyarakat setempat. Kulit batang sagu menjadi salah satu deposit limbah padat yang belum banyak dimanfaatkan. Namun, limbah cair dari ekstraksi pati telah banyak dilakukan. Penelitian ini berfokus pada pengaruh pelarut *Deep Eutectic Solvent* (DES) asam yang berbasis kolin klorida terhadap senyawa ekstrak non-volatil dari limbah kulit batang sagu. Sebagaimana yang diketahui bahwa kulit batang sagu kaya akan lignin sebesar 42% [1]. Dengan entitas molekul besar seperti lignin yang seringkali ditemukan bersama dengan selulosa dan hemiselulosa jika menggunakan pelarut yang tepat dapat mengekstrak senyawa potensial yang bermanfaat bagi kehidupan sehari-hari. Penelitian kami sebelumnya yang mengkaji senyawa volatil ekstrak dari pelarut sejenis [2] menyimpulkan bahwa senyawa ekstrak mengandung banyak senyawa antioksidan potensial dan kromatogramnya tidak banyak menunjukkan puncak senyawa. Penelitian sejenis yang mengkaji komponen kimia dari limbah ini mengarah pada diversitas [3] dan kandungan kimia dari karakteristik beberapa jenis pohon sagu [4]. Sehingga, penelitian

ini menyajikan hasil identifikasi senyawa ekstrak dari pelarut ramah lingkungan yaitu DES yang berbasis kolin klorida—asam oksalat (DES Oksalin). DES yang digunakan bersifat asam yang bertujuan melihat pengaruh komponen DES Oksalin (kolin klorida dan asam oksalat) terhadap senyawa non-volatil dari ekstrak yang berhasil diidentifikasi. Hasil identifikasi dapat digunakan sebagai informasi awal tambahan dalam valorisasi senyawa ekstrak lebih lanjut.

METODE PENELITIAN

Studi ini terdiri atas tiga tahap yaitu konversi limbah kulit batang sagu menjadi bubuk kulit batang sagu, sintesis DES Oksalin, ekstraksi senyawa dari kulit batang sagu menggunakan pelarut DES melalui metode sonikasi dan identifikasi senyawa ekstrak menggunakan LC-MS. Tahapan pengubahan limbah menjadi bubuk, tahapan sintesis DES asam serta ekstraksi limbah melalui metode sonikasi dijabarkan pada penelitian kami sebelumnya (HAMDANI, 2024). Instrumen LC-MS yang digunakan yaitu Thermo Scientific™ Vanquish™ Horizon UHPLC with Binary Pump, kolom analitik 100 mm length x 2.1 mm ID x 2.6 µm particle size dengan prosedur sebagai berikut: fase gerak yaitu A (akuades MS grade dengan 0,1% asam format) dan B (asetonitril MS grade dengan 0,1

% asam format), flow rate 0,3 mL/menit; suhu kolom 4°C. 500 µL dilarutkan dalam 3000 µL metanol (HPLC grade) dipekatkan selama 60 detik. 10 µL aliquot dalam 1000 µL metanol (HPLC grade) dalam vortex 1 detik dan disonikasi 30 detik. Sentrifugasi aliquot selama 5 detik 1400 rpm. Filtrat supernatant (dari 0,2 µm kertas nylon) siap diinjeksikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Profil senyawa metabolit dari ekstrak kulit batang sagu hasil pemisahan menggunakan pelarut DES Oksalin disajikan pada Gambar 1. Berdasarkan kromatogram tersebut, sampel menunjukkan profil pemisahan tersebar hingga menit ke-25. Hal ini menunjukkan bahwa pelarut yang digunakan memiliki kemampuan ekstraksi yang luas, mampu mengekstraksi senyawa polar dan non polar dari waktu retensi (RT) awal hingga mendekati batas *run-time* pada 25 menit.

Berdasarkan hasil identifikasi lanjutan menggunakan spektroskopi massa pada Tabel 1, diketahui bahwa terdapat 73 senyawa yang terkonfirmasi sebagai data ESI+. Fenomena ini berkaitan erat dengan karakteristik DES Oksalin yang memiliki pH sangat rendah (pH=1). Kondisi ini menekan kemampuan ionisasi negatif analit sehingga profil senyawa kimia seluruhnya terprotonasi stabil pada mode ESI+. Sebagaimana data yang disajikan pada Tabel 2, dari 73 senyawa tersebut, diketahui bahwa terdapat 40 senyawa alifatik (54,79%) dan 33 senyawa siklik (45,21%). Sesuai data statistik ini, diketahui bahwa pelarut DES Oksalin yang sangat asam berhasil memotong ikatan makromolekul seperti entitas lignin, selulosa dan hemiselulosa dari kulit batang sagu. Fenomena terlihat pada kelimpahan terbesar dari senyawa teridentifikasi sebagai heterosiklik bisiklik yang luas areanya sangat besar (urutan 26 sebesar 559.254.427,108). Tingginya intensitas ini mengindikasikan bahwa senyawa urutan 26 merupakan produk pemutusan utama selama proses ekstraksi berjalan.

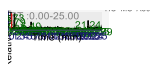
Berdasarkan data pada Tabel 3, terdapat 53 senyawa (72,60%) yang memiliki gugus fungsi N pada strukturnya. Hal ini menunjukkan terdapat pengaruh kuat dari salah satu komponen sistem pelarut DES Oksalin yang digunakan, yang mengindikasikan adanya efek matriks pelarut yang ikut terion besar-besaran pada mode ESI+ maupun efisiensi pelarut dalam menarik senyawaan nitrogen asli dari jaringan kulit batang sagu. Selain itu, pelarut

ini juga mampu menarik senyawa non nitrogen non polar seperti asam jasmonat (urut 1) pada RT 23,683 menit dengan luas area yang signifikan (7331930.40). hal ini membuktikan bahwa pelarut DES Oksalin memiliki sifat degradasi yang tinggi namun selektivitasnya sangat dipengaruhi kondisi pH. Terdapat juga senyawa vitamin B (urut 56 dan 57) yang diduga terbentuk dari interaksi salah satu komponen pelarut dengan hasil depolimerisasi penyusun kulit batang sagu.

Berdasarkan daftar senyawa yang ditampilkan pada Tabel 1, diketahui bahwa terdapat beberapa senyawa yang dapat divalorisasi lanjut dari matriks limbah kulit batang sagu. Dengan pelarut yang bersifat asam ini, diketahui bahwa terdapat senyawa spesifik seperti Fisetin (urut 39), Nootkatone (urut 53) dan Muscone (urut 45), Asam Jasmonat (urut 1), Decarestrictine D (urut 3), Sphinganine (urut 66) serta Sphingosine (urut 67). Senyawa Fisetin, Nootkatone dan Muscone merupakan senyawa dengan aktivitas biologi yang cukup tinggi. Fisetin memiliki aktivitas farmakologi khususnya antioksidan dan anti-inflamasi yang telah meluas digunakan, dan lebih banyak ditemukan dalam buah beri dan apel serta pada bawang merah [5]. Pada studi lainnya, fisetin memiliki sifat anti penuaan [6] berfungsi menekan penuaan sel pada tikus [7].

Nootkatone yang dikategorikan sebagai sekuiterpena yang secara alami ditemukan pada buah anggur dan jeruk juga ditemukan pada ekstrak DES asam dari kulit batang sagu. Nootkatone yang dikombinasikan dengan eugenol berfungsi sebagai bahan pengusir nimfa *Amblyomma sculptum* yang merupakan vektor demam berakut kulit di Brazil [8]. Sementara itu, [9] menyatakan bahwa nootkatone dapat menekan paparan UV-B pada kulit. Meskipun kelimpahannya rendah pada buah anggur dan jeruk, ekstrak DES asam dari kulit batang sagu yang menghasilkan nootkatone dapat menjadi alternatif sumber terbaru untuk senyawa ini.

Senyawa Muscone pada beberapa studi juga bernilai manfaat yang tinggi. [10] menyatakan bahwa senyawa ini berfungsi mencegah sawar darah otak saat terjadi stroke iskemik sekaligus menghambat kematian sel endotel. Sedangkan, [11] menyatakan bahwa Muscone dapat meredakan radang sendi dan mencegah kematian sel pada kondrosit. Sebagai salah satu komponen musk, Muscone terbukti secara in vivo meredakan radang pada penyakit paru obstruktif kronis [10].



Gambar 1. Kromatogram Total Ion Chromatogram (TIC) dari ekstrak DES Kolin Klorida-Asam Oksalat

dari Kulit Batang Sagu (*Metroxylon sagu* L. Rottb.) pada Analisis LC-MS

Tabel 1. Daftar senyawa non-volatil yang teridentifikasi

NO	RT [min]	Rumus Kimia	m/z	Nama	Luas Area	Kategori
1	23.684	C ₁₂ H ₁₈ O ₃	211.133	(-)-Jasmonicacid	7331930.40	siklik osilipin tumbuhan
2	18.143	C ₂₉ H ₄₈	397.383	(24E)-Stigmasta-3,5-diene	3766474.57	steroid diena silik
3	17.127	C ₁₀ H ₁₆ O ₅	217.107	(4S,5S,8S,10R)-4,5,8-trihydroxy-10-methyl-3,4,5,8,9,10-hexahydro-2H-oxecin-2-one	411835.13	Lakton makrosiklik
4	17.03	C ₂₄ H ₄₅ NO ₅	428.337	((2S)-2-[(2-Oxoheptadecanoyl)amino]hexyl)oxy)acetic acid	87664450.52	Derivat asam lemak alifatik
5	15.18	C ₁₄ H ₂₈ S ₂	261.170	1,1-Bis(methylthio)cyclododecane	6090857.11	Tioasetal siklik
6	15.014	C ₁₀ H ₂₂ O ₄	207.159	1-(2-(2-methoxy-1-methylethoxy)-1-methylethoxy)-2-propanol	85230325.60	Oligomer glikol eter alifatik
7	14.857	C ₃₁ H ₅₉ NO ₈	574.431	1-[(2-Hydroxyethyl)(tetradecyl)amino]-3-[[[(3aR,5R,5aS,8aS,8bR)-2,2,7,7-tetramethyltetrahydro-3aH-bis[1,3]dioxolo[4,5-b:4',5'-d]pyran-5-yl]methoxy]-2-propanol (non-preferred name)	66244558.80	Amina tersier glikosida alifatik
8	14.848	C ₁₄ H ₃₁ NO ₂	246.243	1-[(2-Hydroxyethyl)amino]dodecan-2-ol	32058902.05	Amino alkohol alifatik
9	14.779	C ₁₉ H ₄₀ O ₄	333.300	1-O-(2R-hydroxy-hexadecyl)-sn-glycerol	52036307.54	Lipid monoalkil eter gliseril
10	14.588	C ₂₁ H ₄₂ O ₄	359.316	1-Stearoylglycerol	32456054.06	Asilester
11	14.209	C ₁₂ H ₂₂ N ₂ O ₄	259.165	1-tert-Butyl 3-ethyl piperazine-1,3-dicarboxylate	8754771.33	Keteroksiklik nitrogen
12	13.867	C ₄₅ H ₇₃ NO ₇	740.546	11-((3β)-3-[(3-Carboxypropanoyl)oxy]-28-oxoolean-12-en-28-yl)amino)undecanoic acid	14162405.50	Triterpenoid pentasiklik
13	13.691	C ₁₂ H ₂₂ N ₂ O ₂	227.175	1_8-Diazacyclotetradecane-2_9-dione	3184920.84	Amida makrosiklik N
14	13.635	C ₈ H ₁₈ O ₃	163.133	2-(2-Butoxyethoxy)ethanol	79300954.15	Glikol eter alifatik
15	13.585	C ₁₈ H ₃₀ N ₂ O ₃	323.233	2-(2-Methoxy-4-[(2-methyl-2-propenyl)amino]methyl)phenoxy)-N-(2-methyl-2-propenyl)acetamide	2576780.38	Eter aromatic
16	13.402	C ₂₂ H ₄₁ NO ₂	352.321	2-HEPTADECENYL-4-METHYL-4-HYDROXYMETHYL-2-OXAZOLINE	14884019.24	Heterosiklik Oxazoline
17	13.141	C ₂₂ H ₄₁ NO	336.326	2-Pyrrolidinone, 1-ethenylhexadecyl-, homopolymer	9683066.63	Heterosiklik lactam
18	12.939	C ₇ H ₁₇ NO ₂	148.133	3,3-diethoxypropylamine	215553443.54	Amina asetal alifatik
19	12.841	C ₁₂ H ₂₀ O	181.159	3,6,8-dodecatrien-1-ol	12165015.56	Poliena alifatik
20	12.663	C ₂₈ H ₄₆ O ₄	447.347	3-Dehydropregnenolone	1208757.67	Steroid siklik

NO	RT [min]	Rumus Kimia	m/z	Nama	Luas Area	Kategori
21	12.534	C ₂₃ H ₄₃ N ₃ O ₅	442.328	4-[(N~2~-Tetradecanoylasparaginyl)amino]pentanoic acid	6404201.78	Lipopeptida alifatik
22	12.473	C ₁₇ H ₂₇ ClN ₄ O ₃	371.185	4-Amino-5-chloro-N-[2-(diethylamino)ethyl]-2-[[{(2E)-2-(methoxyimino)propyl]oxy}benzamide	1512130.18	Amida aromatik tersubstitusi
23	12.368	C ₂₃ H ₃₃ NO ₇	436.233	4-cyclohexyl 1-(4-methoxybenzyl) N-(tert-butoxycarbonyl)-L-aspartate	6468773.67	Heterosiklik nitrogen kompleks
24	12.049	C ₂₉ H ₄₉ N ₅ O ₃	516.390	4-Hexyl-N-isobutyl-2-(2-methyl-2-propanyl)-N-[(3S,5R)-5-(4-morpholinylcarbonyl)-3-piperidinyl]-5-pyrimidinecarboxamide	67288941.15	Amida siklik tersubstitusi
25	11.778	C ₉ H ₁₉ NO	158.154	4-Piperidinol, 2,2,6,6-tetramethyl-	7769290.27	Heterosiklik nitrogen jenuh
26	11.582	C ₇ H ₁₃ NO ₄	176.092	5-Hydroxymethoxymethyl-1-aza-3,7-dioxabicyclo(3.3.0)octane	559254427.11	heterosiklik bisiklik
27	9.882	C ₁₅ H ₉ I ₂ N ₃ S ₂	549.838	5-Imino-1,3-bis(4-iodophenyl)-2,4-imidazolidinedithione	1009596.79	imidazol terhalogenasi
28	9.806	C ₁₇ H ₃₄ N ₂ O ₃	315.264	7-[Carbamoyl(nonyl)amino]heptanoic acid	6258652.10	Derivat urea-asam laktat alifatik
29	9.612	C ₂₀ H ₃₉ N ₅	350.327	[(2Z)-4-({(2Z)-4-[(2Z)-4-{{(2Z)-4-(Ethylamino)but-2-enyl}amino}but-2-enyl}amino)but-2-enyl}amino)but-2-enyl]ethylamine	14644193.45	Polialkenil amina terbuka
30	9.554	C ₃₈ H ₇₃ NO ₁₀	704.531	Alpha-D-Galactouronosylceramide II	22008314.12	Glikolipid
31	9.483	C ₁₄ H ₃₁ NO	230.248	Amines, C12-14-tert-alkyl, ethoxylated propoxylated	17077314.12	Amina Lemak alifatik
32	9.239	C ₁₄ H ₃₁ NO	230.248	Amines, C12-14-tert-alkyl, ethoxylated propoxylated	15891780.43	Amina Lemak alifatik
33	9.167	C ₁₂ H ₂₃ NO	198.185	Azacyclotridecan-2-one	13972766.91	Laktam makrosiklik
34	9.055	C ₁₆ H ₃₄ O ₅	307.248	C8E4	2388501.89	Oligomer glikol eter alifatik
35	8.927	C ₅ H ₁₃ NO	104.107	Choline	37412321.69	sisa komponen pelarut
36	8.701	C ₉ H ₁₄ O ₅	203.091	Diethyl2-methyl-3-oxosuccinate	2560772.03	Diester alifatik
37	8.669	C ₆ H ₁₃ NO ₂	132.102	DL-β-Leucine	63745740.07	Asam amino alifatik
38	8.582	C ₂₅ H ₄₇ NO ₄	426.358	Elaidic carnitine	25017029.53	Asil karnitin
39	8.524	C ₁₅ H ₁₀ O ₆	287.055	Fisetin	10135786.04	Flavonoid / polifenol siklik
40	8.337	C ₁₆ H ₃₃ NO	256.264	Hexadecanamide	28491293.11	Amida lemak alifatik
41	7.727	C ₁₀ H ₁₉ NO ₅	234.134	Hydroxypropionylcarnitine	79570708.19	Asil karnitin
42	7.693	C ₁₆ H ₂₀ N ₄ O ₂	301.165	itasetron	1539895.48	Heterosiklik benzimidazolon
43	7.554	C ₁₉ H ₃₄ N ₄ O ₅	399.260	L-Alanyl-L-valyl-L-prolyl-L-isoleucine	3244111.42	Tetrapeptida
44	7.386	C ₁₇ H ₃₂ N ₂ O ₄	329.244	Lipoamide C	1010791.99	Amida lipofilik

NO	RT [min]	Rumus Kimia	m/z	Nama	Luas Area	Kategori
45	7.362	C ₁₆ H ₃₀ O	239.237	Muscione	17375441.25	Terpenoid (komponen wewangian)
46	7.242	C ₁₄ H ₂₉ NO	228.232	Myristamide	21993135.64	Amida lemak alifatik
47	6.955	C ₂₈ H ₅₅ N ₅ O ₄	526.432	N-(11-Aminoundecanoyl)-L-seryl-N-(2-cyclohexylethyl)-L-lysineamide	17251046.00	Lipopeptida siklik tersubstitusi
48	6.88	C ₁₂ H ₁₇ NO	192.138	N-(2-Phenylethyl)-isobutyramide	11612917.80	Amida aromatik siklik
49	6.844	C ₂₆ H ₃₄ FNO ₄ S	476.228	N-(4-Ethylphenyl)-4-fluoro-N-isobutyl-2-(tetrahydro-2H-pyran-4-yl)-6-chromanesulfonamide	15154934.12	Sulfonamida heterosiklik kompleks
50	6.829	C ₂₇ H ₅₁ NO ₅	470.384	N-[(1S)-2-acetoxy-1-methoxy-methyl ethyl]-(4E,7S)-7-methoxy-4-eicosenamide	54437681.06	Amida lemak monoena alifatik
51	6.617	C ₂₆ H ₅₁ N ₅ O ₂	466.410	N-[(2S)-1-{[3-({4-[(3-Aminopropyl)amino]butyl}amino)propyl]amino}-3-cyclohexyl-1-oxo-2-propenyl]cyclohexanecarboxamide	5271704.62	Poliamina sikloheksil bisiklik
52	6.614	C ₁₇ H ₃₃ NO	268.264	N-Tetradecylacrylamide	1744380.46	Amida lemak monoena
53	6.478	C ₁₅ H ₂₂ O	219.174	Nootkatone	6111703.98	Seskuiterpenoid bisiklik
54	6.221	C ₁₈ H ₃₇ NO	284.295	Octadecanamide	4452201.81	Amida alifatik
55	6.151	C ₂₁ H ₂₈ N ₂ O ₂	341.223	Optochin	3188734.45	Alkaloid kuinolin heterosiklik (aktivitas antimikroba)
56	6.088	C ₉ H ₁₇ NO ₅	220.118	Pantothenicacid(VitaminB5)	88763440.11	Vitamin/amida alifatik
57	6.075	C ₉ H ₁₇ NO ₅	220.118	Pantothenicacid(VitaminB5)	88557290.19	Vitamin/amida alifatik
58	5.871	C ₁₅ H ₃₂ N ₂ O	257.259	pemerid	9107262.49	Heterosiklik piperidin jenuh
59	5.215	C ₁₅ H ₂₂ O ₆	299.149	Pestahamnose B	1499360.87	Glikosida fenolik (antibakteri dan antijamur)
60	4.826	C ₂₂ H ₄₁ NO ₃	368.316	PGE2alpha dimethyl amine	22570563.21	Derivat prostaglandin siklik
61	4.507	C ₁₂ H ₁₆ O	177.127	Phenol, 4-cyclohexyl-	673286.59	Senyawa fenolik siklik
62	3.689	C ₈ H ₄ O ₃	149.023	Phthalic anhydride	27400362.82	Heterosiklik anhidrida aromatic
63	3.657	C ₁₃ H ₂₀ N ₂ O	221.165	prilocaine	9468926.42	Amida aromatik siklik (senyawaan anestesi lokal)
64	3.577	C ₂₄ H ₄₅ N O ₄	412.342	Semiplenamide G	62032514.89	Lipid amida alifatik
65	2.665	C ₂₄ H ₄₅ NO ₄	412.342	Semiplenamide G	10946233.76	Lipid amida alifatik

NO	RT [min]	Rumus Kimia	m/z	Nama	Luas Area	Kategori
66	2.599	C ₁₈ H ₃₉ NO ₂	302.306	Sphinganine;2-Amion-1_3-octadecanediol	109963332.91	Lipid sfingolipid alifatik
67	1.251	C ₁₈ H ₃₇ NO ₂	300.290	Sphingosine (d18:1)	5282530.10	Lipid sfingolipid monoene
68	1.01	C ₁₈ H ₃₉ N	270.316	Tallow alkyl amines, hydrogenated	9131393.71	Amina Lemak alifatik
69	0.759	C ₁₆ H ₃₃ NO ₂	272.258	Tetradecanamide, N-(2-hydroxyethyl)-	11781946.77	Alkanolamida lemak alifatik
70	0.759	C ₁₂ H ₂₀ O ₇	277.128	Triethyl citrate	4664508.58	Triester alifatik
71	0.756	C ₁₂ H ₂₀ O ₇	277.128	Triethyl citrate	361839.46	Triester alifatik
72	0.74	C ₁₁ H ₂₃ NO	186.185	valdipromide	1401070.04	Amida alifatik bercabang (kelompok obat antikonvulsan
73	0.07	C ₂₁ H ₂₈ N ₂ O ₃	357.217	WIN I(S)	3408498.11	Aromatik kompleks

Tabel 2. Jumlah senyawa teridentifikasi berdasarkan jenis rantai hidrokarbon

NO	Jenis Rantai Senyawa Hidrokarbon	Jumlah Senyawa	%
1	Alifatik	40	54.79
2	Siklik	33	45.21

Tabel 3. Jumlah senyawa teridentifikasi berdasarkan unsur penyusun selain C, H dan O

NO	Unsur-unsur penyusun	Jumlah senyawa	%	Keterangan
1	N	53	72.60	Mayoritas senyawa amida, amina, laktam, dan peptide
2	Cl	1	1.37	Pada gugus chloro-benzamida
3	C, H dan O	19	26.03	

Asam Jasmonat, berbeda dengan ketiga senyawa yang telah dibahas sebelumnya, valorisasinya lebih mengarah pada perlindungan tanaman. Senyawa ini berfungsi sebagai hormon pelindung yang merespon cekaman biotik dan abiotik seperti salinitas [12], serta berperan pada pertumbuhan akar tanaman [13].

Studi yang membahas tentang senyawa Decarestrictine D belum banyak dibahas. Senyawa ini dapat diisolasi dari jamur *Penicillium* dan jamur *Polyporus*. Senyawa ini mampu menghambat kolesterol dengan nilai IC₅₀ yang besar (100nM) dengan mekanisme kerja yang berbeda dengan obat statin pada umumnya [14]. Terdapat juga senyawa sphingolipid (urut 66 dan 67) dari ekstrak yang kajiannya masih sedikit. Studi tersebut [15] menyatakan bahwa ketidakseimbangan jumlahnya dapat menaikkan inflamasi pada tubuh.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang dilakukan, diketahui bahwa:

1. Pelarut DES Oksalin (Kolin Klorida-Asam Oksalat) yang digunakan mengekstrak kulit batang sagu

dengan metode sonikasi mempengaruhi senyawa dalam ekstrak.

2. Terdapat 73 senyawa non-volatil yang berhasil diekstrak, 72,60% (53 senyawa) diantaranya merupakan senyawa amida, amina, laktam dan peptida.
3. Terdapat 45,21% (33 senyawa) dalam ekstrak yang merupakan senyawa siklik.
4. Senyawa ekstrak yang potensial dapat divalorisasi yaitu Fisetin, Nootkatone, Muscone, Asam Jasmonat, Decaristricine D dan senyawa sphingolipid.

UCAPAN TERIMA KASIH (jika ada)

Melalui kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih tak terhingga kepada penyedia dana penelitian kami DRTPM tahun 2024, serta masyarakat Padang Alipan yang membantu menyediakan sampel utama yaitu kulit batang sagu pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Lestari, W. T. Istikowati, Sunardi, D. Y. Y. Heri, W. Fatiasari, and R. S. Ningrum, "ANALISIS KANDUNGAN KIMIA KULIT

- BATANG SAGU (*Metroxylon sagu* Rottb.) SEBAGAI BAHAN BAKU PULP DAN KERTAS," *Jurnal Sylva Scientiae*, vol. 05, no. 2, pp. 187–193, 2022, doi: <https://doi.org/10.20527/jss.v5i2.5371>.
- [2] U. Z. Hamdani and R. Yanti, "Antioxidant Candidates in Deep Eutectic Solvent Extract of Choline Chloride-Oxalic Acid from Sago Bark (*Metroxylon sagu* L. Rottb)," *J. Chem. Sci*, vol. 14, no. 1, 2025, [Online]. Available: <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>
- [3] M. Dinata, L. D. Putri, and F. Soehardi, "Diversity and use of Sago (*Metroxylon sagu* Rottb.) from Meranti Islands as Road Reinforcement," *Res. Sq.*, vol. March, pp. 1–14, 2023, doi: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2632151/v1>.
- [4] W. T. Istikowati *et al.*, "CHEMICAL CONTENT AND ANATOMICAL CHARACTERISTICS OF SAGO (*Metroxylon sagu* Rottb.) FROND FROM SOUTH KALIMANTAN, INDONESIA," *Indonesian Journal of Forestry Research*, vol. 10, no. 2, pp. 185–194, 2023, doi: 10.59465/ijfr.2023.10.2.185-194.
- [5] S. Khan, M. M. Khan, Badruddeen, U. Ahmad, and S. Khan, "Fisetin as a multifunctional bioactive flavonoid: A comprehensive review of its pharmacology, mechanism of action, safety profile, clinical trials, and future directions in therapeutics," *Food Biosci.*, vol. 73, p. 107620, Nov. 2025, doi: 10.1016/J.FBIO.2025.107620.
- [6] C. Zhou, Y. Huang, S. Nie, S. Zhou, X. Gao, and G. Chen, "Biological effects and mechanisms of fisetin in cancer: a promising anti-cancer agent," *Eur. J. Med. Res.*, vol. 28, no. 1, Dec. 2023, doi: 10.1186/s40001-023-01271-8.
- [7] K. O. Murray *et al.*, "Intermittent Supplementation with Fisetin Improves Physical Function and Decreases Cellular Senescence in Skeletal Muscle with Aging: A Comparison to Genetic Clearance of Senescent Cells and Synthetic Senolytic Approaches," *Aging Cell*, vol. 24, no. 8, Aug. 2025, doi: 10.1111/acer.70114.
- [8] M. M. Barrozo *et al.*, "Repellent Activity of the Botanical Compounds Thymol, Carvacrol, Nootkatone, and Eugenol Against *Amblyomma sculptum* Nymphs," *Pathogens*, vol. 14, no. 9, Sep. 2025, doi: 10.3390/pathogens14090926.
- [9] Y. L. You and H. S. Choi, "Nootkatone (NK), a grapefruit-derived sesquiterpenoid, suppresses UVB-induced damage by regulating NRF2-HO-1 and AhR-CYP1A1 signaling pathways in HaCaT cells," *Food Sci. Biotechnol.*, vol. 34, no. 8, pp. 1751–1761, Apr. 2025, doi: 10.1007/s10068-024-01791-x.
- [10] T. Feng *et al.*, "The protective role of muscone in the development of COPD," *Front. Immunol.*, vol. 16, 2025, doi: 10.3389/fimmu.2025.1508879.
- [11] L. Li, S. Zhuang, and S. Jiang, "Muscone inhibits the progression of atherosclerotic plaques in mice aorta by inhibiting the NF- κ B/p65 pathway," *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, vol. 702, p. 149628, Apr. 2024, doi: 10.1016/J.BBRC.2024.149628.
- [12] B. A. Rather, I. R. Mir, M. Mahajan, F. Qiao, X. Jiang, and M. I. R. Khan, "Jasmonic acid crosstalk with secondary metabolites and plant growth regulators to maintain redox balance during crop improvement under salt stress," *Plant Science*, vol. 371, p. 113288, Oct. 2026, doi: 10.1016/J.PLANTSCI.2026.113288.
- [13] W. Sun, B. Wu, C. Kong, G. Xiao, R. Huang, and H. Qin, "The role of jasmonates in plant root growth and development," May 13, 2026, *Frontiers Media SA*. doi: 10.3389/fpls.2026.1836825.
- [14] P. Radha Krishna and P. V. Narasimha Reddy, "Stereoselective total synthesis of (–)-decastrictine D from l-malic acid," *Tetrahedron Lett.*, vol. 47, no. 42, pp. 7473–7476, Oct. 2006, doi: 10.1016/J.TETLET.2006.08.035.
- [15] W. Le Goff *et al.*, "Inverse relationship between circulating sphingosine-1-phosphate and precursor species and coronary artery calcification score in type 2 diabetes," *Cardiovasc. Diabetol.*, vol. 24, no. 1, Dec. 2025, doi: 10.1186/s12933-025-02624-9.