

Morfologi butir pati dari tumbuhan pangan lokal Papua sebagai Referensi Studi Arkeobotani pada konteks Arkeologi

Morphotypological of starch granules from Papuan local crop plants as a Reference for Archaeobotanical Studies in an Archaeological Context

Adi Dian Setiawan^{1,2}, Nia Marniati Etie Fajari², and Alifah^{1,2}

Departemen Arkeologi FIB UGM¹, Pusat Riset Arkeometri BRIN²

adidian63@gmail.com

ABSTRACT

Keywords:

Starch; reference; morphometry; morphotypology; Papua Island

Starch grains in archaeological sites are essential to reveal the use of plants and human subsistence. This paper aims to provide reference to starch grain from local food plants originating from Papua Island. We use two methods for extracting samples: starch grains from raw and processed plant samples. We examine the starch grains using a 400x magnification polarisation microscope and ICSN 2011 to identify them. The morphological and morphotypological characteristics of starch grain from each plant are determined by applying univariate and multivariate statistical analysis. The results showed changes in the structure of the starch grain from the processed plant samples. The starch grains from the raw plant samples had different morphological and morphotypical characteristics. Variations in the shape and morphometry of starch grains are associated with typical starch from certain plants. This study provides a practical reference for identifying starch grains from archaeological sites, such as the Atiat and Karas sites.

ABSTRAK

Kata Kunci:

Butir pati; referensi; morfometri; morfotipologi; Papua

Temuan butir pati dalam situs arkeologi menjadi indikasi penting untuk memahami bagaimana pemanfaatan tumbuhan dan teknologi subsistensi manusia pada masa lalu. Tulisan ini bertujuan untuk menyajikan referensi butir pati dari tanaman pangan lokal yang berasal dari Pulau Papua. Ekstraksi sampel dilakukan dengan dua metode yaitu butir pati mentah dan butir pati yang telah diolah. Identifikasi butir pati menggunakan mikroskop polarisasi pembesaran 400x. Identifikasi bentuk butir pati menggunakan acuan ICSN 2011. Analisis statistik univariat dan multivariat digunakan untuk mengetahui kecenderungan morfologi dan morfotipologi dari masing-masing butir pati tanaman. Hasil penelitian menunjukkan adanya perubahan struktur pada butir pati yang telah diolah. Bentuk butir pati dari sampel tumbuhan mentah memiliki ciri morfologi dan morfotipe yang berbeda. Hasil analisis mendapatkan variasi bentuk dan morfometri butir pati yang menjadi ciri khusus dari tumbuhan tertentu. Hasil penelitian ini berguna sebagai referensi untuk membantu identifikasi temuan butir pati dari situs arkeologi, terutama dari situs Ceruk Atiat dan Gua Karas. Pengamatan morfologi dan perbandingan morfometri berhasil menentukan jenis-jenis tumbuhan yang dimanfaatkan di kedua situs pada masa lalu. Butir pati dari situs Ceruk Atiat dan Gua Karas diidentifikasi menyerupai butir pati tumbuhan umbi-umbian *Dioscorea* dan *Colocasia* serta tumbuhan nonumbi dari genus *Metroxylon* dan *Artocarpus*.

Artikel Masuk

04-10-2024

Artikel Diterima

27-05-2025

Artikel Diterbitkan

26-04-2025



**BERKALA
ARKEOLOGI**

VOLUME

: 45 No.2, November 2025, 103-120

DOI

: <https://doi.org/10.55981/jba.2025.8138>

VERSION

: Indonesian (original)

WEBSITE

: <https://ejournal.brin.go.id/berkalaarkeologi>

ISSN: 0216-1419

E-ISSN: 2548-7132



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial-ShareAlike 4.0 International License

PENDAHULUAN

Tumbuhan adalah inti dari kehidupan di bumi dan menjadi pilar utama nutrisi manusia selama ribuan tahun. Hal ini disampaikan oleh Director FAO, QU Dongyu pada peluncuran International Year of Plant Health 2 Desember 2019 di Roma Italia. Bukti pemanfaatan tanaman dari masa lalu ditunjukkan oleh data arkeobotani yang terdapat pada situs-situs arkeologi. Data tersebut terdiri dari makrofosil dan mikrofosil tumbuhan. Makrofosil adalah sisa tumbuhan yang diamati secara langsung seperti daun, batang, buah, bunga, biji, dan akar. Mikrofosil merupakan sisa tumbuhan berukuran mikron yang tidak dapat diamati secara langsung, antara lain fitolit, butir pati dan serbuk sari. Mikrofosil tumbuhan menjadi data penting dalam penelitian arkeobotani karena dapat memberikan informasi terperinci mengenai perubahan lingkungan, pola pemukiman, subsistensi manusia, dan diet ([C. Lentfer dkk., 2002](#)).

Salah satu jenis mikrofosil yang menjadi bukti langsung pemanfaatan tumbuhan pada masa lampau adalah butir pati ([Arráiz dkk., 2016](#)). Jejak butir pati dapat ditemukan pada sedimen tanah, residu yang menempel di artefak, dan residu kalkulus gigi. Butir pati menyediakan informasi penting mengenai jenis tumbuhan yang dimanfaatkan manusia, khususnya sebagai makanan ([C. Lentfer dkk., 2002](#)). Studi mengenai butir pati dari situs arkeologi telah banyak dilakukan di wilayah Asia dan Asia Tenggara, antara lain identifikasi butir pati yang mengungkap fungsi alu batu untuk mengolah makanan di lembah Sungai Huai ([Yang dkk., 2016](#)) dan pisau batu sebagai alat pertanian di Sungai Yangtse pada periode Neolitik ([Z. Wan dkk., 2021](#)). Di Indonesia, analisis butir pati memberikan petunjuk pemanfaatan beberapa jenis tumbuhan sebagai sumber makanan, yaitu familia Poaceae tribus Triticeae dan *Sorghum bicolor* di situs Plawangan di Rembang, Jawa Tengah ([Puspitasari, 2023](#)), umbi-umbian jenis *Cyrtosperma chamissonis* dan *Alocasia* di Gua Makpan di Alor Nusa Tenggara Timur ([Patridina, 2018](#)), Musaceae (pisang) dan *Metroxylon sagu* (sagu) di Gua Arca, Kangean, Madura ([Alifah dkk., 2022](#)), dan umbi-umbian jenis *Cyrtosperma chamissonis* dan *Colocasia esculenta* di Gua Cililin 1 di Kecamatan Kelumpang Hulu, Kalimantan Selatan ([Fajari, 2023](#)).

Identifikasi butir pati dari situs arkeologi menjadi tantangan tersendiri. [Torrence dan Barton \(2006\)](#) menyatakan bahwa butir pati dari beragam tumbuhan menunjukkan perbedaan struktur dan fitur diagnostik yang dipengaruhi oleh genetik dan diversitas lingkungan. Namun, minimnya referensi mengakibatkan penentuan jenis tumbuhan sulit dilakukan. Temuan butir pati baik yang tertinggal pada residu artefak atau yang berasal dari sedimen, seringkali telah mengalami perubahan morfologi karena pecah ataupun rusak. [Lentfer \(2009\)](#) membuat koleksi referensi butir pati pada sampel tanaman yang diperoleh dari Pulau Flores, antara lain *Alocasia sp.*, *Colocasia esculenta*, *Cyrtosperma chamissonis*, *Caryota rumphiana*, *Metroxylon sagu*, *Dioscorea alata*, *Dioscorea esculenta*, *Musa banksia*, dan *Musa acuminata*. Berdasarkan koleksi tersebut, jejak butir pati *Cyrtosperma chamissonis* dari situs Gua Makpan (Alor, Nusa Tenggara Timur), dan Gua Cililin (Kawasan Karst Meratus, Kota Baru, Kalimantan Selatan) dapat teridentifikasi. Namun, koleksi butir pati Lentfer tersebut tidak menampilkan data morfometri.

Data morfologi dan morfometri menjadi variabel penentu identifikasi butir pati yang ditemukan di situs arkeologi.

Jejak butir pati antara lain ditemukan di situs arkeologi di Papua, yaitu Gua Karas di Kaimana dan Ceruk Atiat di Pegunungan Tambrauw. Keduanya merupakan situs dari masa prasejarah yang memiliki tinggalan arkeologi berupa fragmen gerabah ([Suroto dkk., 2012](#); [Setiawan & et.al, 2021](#)). Gerabah-gerabah yang ditemukan di Situs Gua Karas dan Situs Ceruk Atiat merupakan temuan dari hasil ekskavasi arkeologi.

Ekskavasi di Situs Ceruk Atiat membuka satu kotak berukuran 1×2 m (kotak A1.F1) dengan teknik spit berinterval 10 cm sampai kedalaman 100 cm. Hasil ekskavasi mendapatkan fragmen gerabah, artefak batu, dan tulang binatang. Fragmen gerabah dari kotak A1.F1 ditemukan di lapisan 3 pada spit 1 hingga spit 4. Fragmen gerabah yang ditemukan pada ekskavasi ini berasosiasi dengan temuan lain berupa fragmen tulang binatang, fragmen gigi manusia, gigi binatang, tatal batu rijang, batu pipih berbentuk bulat, batu lonjong dan sampel arang.

Ekskavasi di Situs Gua Karas membuka tiga kotak pada sektor 1 dengan teknik spit berinterval 10 cm. Ketiga kotak tersebut diberi nama kotak GKQ1 (I6) yang digali sampai kedalaman 150 cm, kotak GKQ1 (F5) dengan kedalaman 130 cm, dan kotak GQK1 (F6) dengan kedalaman akhir 120 cm. Hasil ekskavasi mendapati gerabah di ketiga kotak. Fragmen gerabah dari kotak I6 ditemukan di spit 1 hingga 7; kotak ekskavasi F5 di spit 2 hingga 6; dan kotak F6 ditemukan di spit 3 hingga spit 10. Temuan fragmen gerabah ini berasosiasi dengan data arkeologi lain, seperti ekofak cangkang moluska dan alat dari fragmen tulang binatang.

Analisis awal terhadap temuan gerabah di Situs Ceruk Atiat dan Gua Karas mengungkapkan bahwa gerabah tersebut merupakan bagian dari wadah. Beberapa fragmen yang ditemukan adalah dasar, badan, dan tepian. Wadah dari gerabah diduga digunakan manusia pendukung budaya di kedua situs sebagai tempat untuk mengolah makanan, baik yang berasal dari sumber hewan atau tanaman. Proses pengolahan makanan meninggalkan residu pada permukaan wadah. Salah satu jejak residu yang dapat dianalisis adalah sisa tumbuhan dari sumber makanan yang diolah. Analisis sisa tumbuhan dilakukan dengan pendekatan arkeobotani, khususnya pengamatan pada mikrobotani berupa polen, fitolit, dan butir pati.

Analisis arkeobotani terhadap enam fragmen gerabah Situs Ceruk Atiat dan 24 fragmen gerabah dari Gua Karas mendapatkan data mikrobotani berupa butir pati yang mengungkap beberapa jenis tanaman di kedua situs tersebut. Namun, proses identifikasi butir pati dari Gua Karas dan Ceruk Atiat sejauh ini belum mendapatkan hasil yang memuaskan karena keterbatasan referensi pembanding. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menyajikan data referensi butir pati dari tanaman, khususnya yang dimanfaatkan oleh masyarakat di wilayah Papua antara lain umbi-umbian Papua dan tanaman non-umbi (sukun, sagu, dan pisang). Tanaman tersebut, khususnya umbi-umbian dan sagu merupakan makanan pokok bagi masyarakat di wilayah Papua masa prasejarah. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan morfotipologi dan menyediakan data morfometri butir pati dari tanaman umbi-umbian Papua dan non-umbi. Koleksi butir pati

pada penelitian ini dapat menjadi basis referensi untuk identifikasi butir pati, khususnya dari situs Gua Karas dan Ceruk Atiat di Papua. Hasil penelitian ini juga berguna untuk identitas temuan butir pati dari situs arkeologi lainnya.

METODE

Sejumlah sampel diambil dari Kampung Adat Abar yang berada di Kawasan Danau Sentani sisi selatan, yaitu Situs Yemokho, Bukit Tutari, dan Kampung Doyo Lama. Tanaman-tanaman yang diambil sebagai sampel masih dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar baik sebagai bahan pangan, obat maupun keperluan ritual. Sampel yang diambil berupa; umbi-umbian Papua (*bete putih*, *bete ungu*, *bete Wamena*, *yara*, *siafu*, dan *siafu ungu*), sukun, sagu, dan pisang dari wilayah Sentani dan Wamena. Tumbuhan diperoleh melalui studi etnografi dengan menggali informasi dari masyarakat di wilayah tersebut. Ekstraksi butir pati dari umbi-umbian dilakukan pada bagian umbinya sebagai organ penyimpanan (*storage organ*). Sampel sagu diperoleh dari pati sagu merah dan putih. Sampel sukun yang digunakan adalah buah dan bijinya, sedangkan ekstraksi pisang dilakukan pada buahnya.

Ekstraksi dilakukan pada sampel tumbuhan mentah dan yang sudah diolah. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan bentuk butir pati sebelum tumbuhan diolah dan sesudah diolah/dimakan. Pengolahan tumbuhan dilakukan dengan cara dibakar di atas arang dan direbus dalam air mendidih. Butir pati dari sampel tanaman mentah diperoleh dengan cara menumbuk kasar material tanaman, kemudian menambahkan aquades. Cairan aquades yang telah bercampur dengan material tanaman diambil dengan menggunakan pipet, dan hasil ekstraksinya dipindahkan ke *microtube* berukuran 2 ml dan ditambahkan etanol 96% untuk mengawetkan sampel. Proses selanjutnya adalah meneteskan 2-3 tetes sampel pada kaca preparat. *Canada balsam* ditambahkan setelah sampel mengering, kemudian ditutup dengan *cover glass*. Hasil preparasi kemudian diamati dengan mikroskop polarisasi CX 43. Pengambilan gambar butir padi dilakukan dengan perangkat Optilab Advance yang kemudian diolah dengan program *Image Raster*. Tim peneliti melakukan seluruh proses ini di laboratorium eks-Balai Arkeologi Yogyakarta.

Identifikasi morfologi dan morfometri diterapkan untuk menentukan ciri butir pati dari masing-masing sampel analisis. Pengamatan morfologi menggunakan parameter pada penelitian oleh [Lentfer \(2009\)](#), [Torrence, Wright, dan Conway \(2004\)](#), serta klasifikasi tipe butir pati dari [ICSN \(International Code for Starch Nomenclature\) 2011](#). Parameter yang didata yaitu bentuk dua dimensi (*circular*, *oval*, *irregular circular*, *irregular oval*, *triangle*, *rectangular*, *polygonal*, dll), orientasi hilum (*centric*, *eccentric*), fitur (*maltese cross*, *fissure*, *lamellae*, *oksalat/raphide*), dan morfometri. Analisis kuantitatif dilakukan dengan mengambil 20 data set pengukuran yang meliputi panjang maksimal, lebar maksimal, dan jarak maksimal antara *hilum* dan margin luar). Pengolahan data dilakukan dengan statistik deskriptif untuk mendapatkan tren ukuran butir pati dari tiap-tiap sampel.

Boxplot chart dan *multivariate* dengan *Principal Component Analysis* (PCA) digunakan untuk mengetahui kecenderungan atau ukuran butir pati yang

ditemukan pada sampel tumbuhan. Olah data menggunakan perangkat lunak Past 4. Analisis ini menggunakan variabel pengukuran yang meliputi panjang maksimal (Pmax), lebar maksimal (Lmax), jarak terdekat hilum dengan garis terluar butir pati (HOD), dan jarak terjauh hilum dengan garis terluar (HOJ). Penyajian hasil analisis berupa diagram untuk memperoleh visualisasi dan pengelompokan butir pati sampel tumbuhan. Kedua analisis tersebut juga diterapkan pada morfometri butir pati dari situs Gua Karas dan Ceruk Atiat untuk membantu penentuan identifikasi jenis tumbuhan yang dimanfaatkan.

HASIL PENELITIAN

Hasil ekstraksi butir pati dari sampel tumbuhan mentah dan matang (dibakar/direbus) menunjukkan perbedaan signifikan yang terlihat dari perubahan morfologi dan strukturnya. Butir pati sampel tanaman yang sudah diolah sebagian besar mengalami perubahan. Hal ini disebabkan oleh proses gelatinisasi yang menyebabkan perubahan pada morfologi dan struktur butir pati. Bentuk butir pati menjadi *irregular*, disertai dengan memudarnya maltese cross, hilum rusak, dan menghilangnya margin luar. Adapun butir pati sampel tanaman mentah yang belum terkontaminasi suhu tinggi tidak mengalami perubahan sehingga morfologinya dapat diamati. Penjelasan morfologi butir pati dari sampel tumbuhan mentah dikelompokkan menjadi dua, yaitu umbi-umbian Papua dan nonumbi.

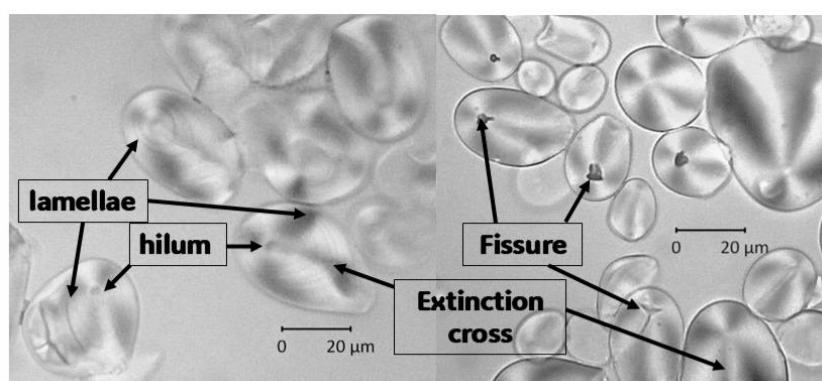
Analisis morfotipologi umbi-umbian Papua

Masyarakat Papua mengenal beragam jenis umbi-umbian dengan penamaan lokal yang berbeda-beda di berbagai wilayah. Jenis umbi yang penting bagi masyarakat Papua antara lain *siafu*, *yara*, *siafutaro*, *bete* putih, *bete* ungu, dan *bete* Wamena. Umbi *siafu* ungu, *yara*, dan *siafutaro* termasuk dalam genus *Dioscorea*, famili *Dioscoreaceae*. *Siafu* ungu yang oleh masyarakat di Sentani juga disebut sebagai *siafu* besar merupakan jenis ubi kelapa atau *Dioscoera alata*. Umbi *siafu* ungu Sentani yang menjadi sampel dicirikan oleh warna keunguan dan potongan melintang rongga-rongga. Sementara itu, *yara* dan *siafutaro* merupakan jenis gembili atau *Dioscorea esculenta*. Kedua umbi ini berwarna putih dan potongan melintang tidak berongga-rongga. Sampel *Dioscorea* berasal dari umbi tanaman dewasa yang merupakan hasil panen masyarakat di wilayah Sentani dan Wamena.

Bete putih, *bete* ungu, dan *bete* wamena termasuk keladi Papua dari genus *Colocasia*, famili *Araceae*. Ketiganya memiliki beberapa ciri yang serupa, yaitu kulit umbi berambut dan daging umbi sedikit bergetah. *Bete* putih berwarna putih dan potongan melintang tidak berongga, sedangkan *bete* ungu memiliki warna ungu dengan potongan melintang tidak berongga. Adapun *bete* wamena adalah talas dari wamena yang mirip dengan *bete* putih.

Pengamatan morfologi butir pati menunjukkan beberapa karakteristik umbi famili *Dioscoreaceae* dan *Araceae*. [Tabel 1](#) mencantumkan karakter butir pati berdasarkan bentuk, orientasi *hilum*, dan tipe *extinction cross*; serta keberadaan *fissure*, dan *lamellae* ([Gambar 1](#)). Deskripsi morfologi mengacu pada bentuk dua

dimensi sesuai dengan [The International Code for Starch Nomenclature \(ICSN\) 2011](#), yang terdiri dari *circular* (lingkaran), *oval*, *semicircular*, *triangular*, *rectangular*, dan *polygon* ([ICSN 2011](#)). *Hilum* adalah titik pusat butir pati. Pengamatan *hilum* dilakukan berdasarkan keletakannya yaitu *centric* (simetris di titik tengah) dan *eccentric*. Variabel berikutnya adalah *extinction cross* atau garis optik yang muncul pada pengamatan dengan cahaya polarisasi. Pengamatan *extinction cross* meliputi posisinya (*centric-eccentric*) dan bentuk garisnya (lurus/lengkung). *Extinction cross* merupakan ciri khusus butir pati yang dapat menjadi salah satu aspek untuk identifikasi jenis tanamannya. Variabel selanjutnya yaitu *fissures* atau retakan yang terdapat pada butir pati yang umumnya berawal dari *hilum* dan diakibatkan oleh tekanan antarbutir pati saat terbentuk ([Reichert, 1913](#)). Deskripsi *fissures* didasarkan pada keberadaannya, *fissured* (ada retakan) dan *unfissured* (tidak ada retakan). Jenis *fissures* terdiri dari *radial*, *perpendicular*, *parallel*, *stellate*, dan *longitudinal*. Variabel berikutnya adalah *lamellae*, yaitu lapisan butir pati yang menunjukkan pertumbuhannya ([Reichert, 1913](#)). Pengamatan *lamellae* mengidentifikasi keberadaannya, apakah tampak (*dinstinct*) atau tidak (*indistinct*). Variabel terakhir adalah keberadaan *raphide* atau kristal kalsium oksalat, yaitu ada (*presence*) dan tidak ada (*absence*). Jenis tanaman tertentu, seperti *Colocasia esculenta*



Gambar 1. Karakteristik butir pati yang berupa hilum, lamellae, fissure, dan extinction cross
(Sumber : gambar butir pati sagu Papua hasil analisis Nia M.E.F, Adi D.S, Alifah)

memiliki *raphide* yang khas dan dapat digunakan sebagai dasar identifikasi.

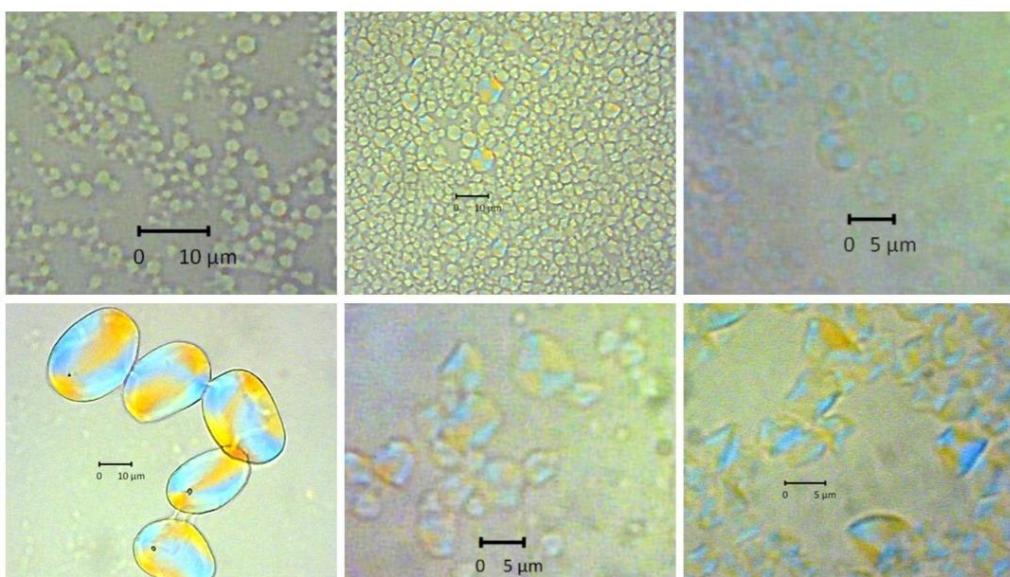
Ketiga sampel umbi *Dioscorea* memiliki karakteristik yang berbeda dengan bentuk beragam. Bentuk butir pati *siafu ungu* (*D. alata*) adalah *circular*, *irregular circular*, dan *oval*. Ciri berikutnya yaitu hilum *eccentric*, garis *extinction cross* bergelombang (*wavy*), tidak terlihat adanya retakan (*unfissured*) dan *lamellae* (*indistinct*). Butir pati umbi *siafutaro* dan *yara* (*D. esculenta*) memiliki bentuk yang lebih beragam, yaitu *circular* dengan 2 sisi bidang datar, *triangle*, *rectangular*, *square*, dan *polygonal*. Hilum butir pati kedua umbi ini berada pada posisi *centric* (simetris di titik tengah). Keduanya juga tidak terlihat memiliki retakan (*unfissured*) dan *lamellae* (*indistinct*). Hal yang membedakan adalah garis *extinction cross* butir pati berbentuk lurus (*straight*), sedangkan *yara* bergelombang (*wavy*).

Tabel 1. Variabel Morfologi Butir Pati Tumbuhan Umbi dan NonUmbi Papua

Jenis	Nama Lokal	Bagian	Bentuk/Hilum/Extinction Cross/Fissure/Lamellae/Raphide	Morfometri	
				Pmax (µm)	Lmax (µm)
Famili: Dioscoreaceae Genus: Dioscorea	siafu ungu	umbi	<i>irregular circular, oval; hilum eccentric; extinction cross bergelombang; unfissured; indistinct lamellae; tidak ada raphide</i>	26,55-33,99	16,36-25,72
	siafutaro	umbi	<i>bentuk irregular circular, triangle, rectangular, square, poligonal; hilum centric; extinction cross lurus; unfissured; indistinct; ada raphide</i>	4,99-8,15	4,85-7,31
	yara	umbi	<i>bentuk irregular circular, triangle, rectangulare, square, poligonal; hilum centric; extinction cross bergelombang; unfissured; indistinct lamellae; ada raphide</i>	4,43-7,8	3,79-6,18
Famili: Araceae Genus: Colocasia	bete putih	umbi	<i>bentuk circular, irregular circular; hilum centric; extinction cross lurus; unfissured; indistinct lamellae; tidak ada raphide</i>	2,42-3,07	1,77-2,79
	bete ungu	umbi	<i>bentuk circular, irregular circular, oval, poligonal; hilum centric; extinction cross lurus; unfissured; indistinct lamellae; ada raphide</i>	4,14-6,39	2,65-4,99
	bete wamena	umbi	<i>bentuk irregular circular, triangle, rectangular, square, poligonal; hilum centric; extinction cross lurus; unfissured; indistinct lamellae; ada raphide</i>	6,89-9,38	6,57-9,05
	bete wamena	umbi	<i>bentuk circular; hilum centric; extinction cross lurus; unfissured; indistinct lamellae; ada raphide</i>	4,92-6,22	3,95-5,37
Famili: Arecaceae Genus Metroxylon	sagu merah	batang	<i>ukuran besar; bentuk oval, irregular oval; hilum eccentric; extinction cross bergelombang; fissured; lamellated; tidak ada raphide</i>	31,6-54,19	21,69-34,89
			<i>ukuran kecil; bentuk oval, irregular oval; hilum eccentric; extinction cross bergelombang; fissured; lamellated; tidak ada raphide</i>	12,83-20,7	10,51-15,74
	sagu putih		<i>ukuran besar; bentuk oval, irregular oval; hilum eccentric; extinction cross bergelombang; fissured; indistinct lamellae; tidak ada raphide</i>	32,89-48,59	22,75-36,25
			<i>ukuran kecil; bentuk oval, irregular oval; hilum eccentric; extinction cross bergelombang; fissured; indistinct lamellae; tidak ada raphide</i>	13,76-20,17	12,14-16,65
Famili: Musaceae Genus Musa	pisang	buah	<i>bentuk oval, irregular oval; hilum eccentric; extinction cross bergelombang, unfissured; indistinct lamellae; tidak ada raphide</i>	25,88-39,13	15,58-23,98
Famili: Moraceae Genus Artocarpus	sukun	buah	<i>bentuk circular; hilum centric, extinction cross lurus; unfissured; indistinct lamellae; tidak ada raphide</i>	6,55-9,11	6,22-8,91
	kluwih	biji	<i>bentuk circular, irregular circular, oval; hilum centric; extinction cross lurus; unfissured; indistinct lamellae; tidak ada raphide</i>	7,69-10,91	7,41-10,27

Sumber: basis data hasil analisis Nia MEF, Adi DS, dan Alifah

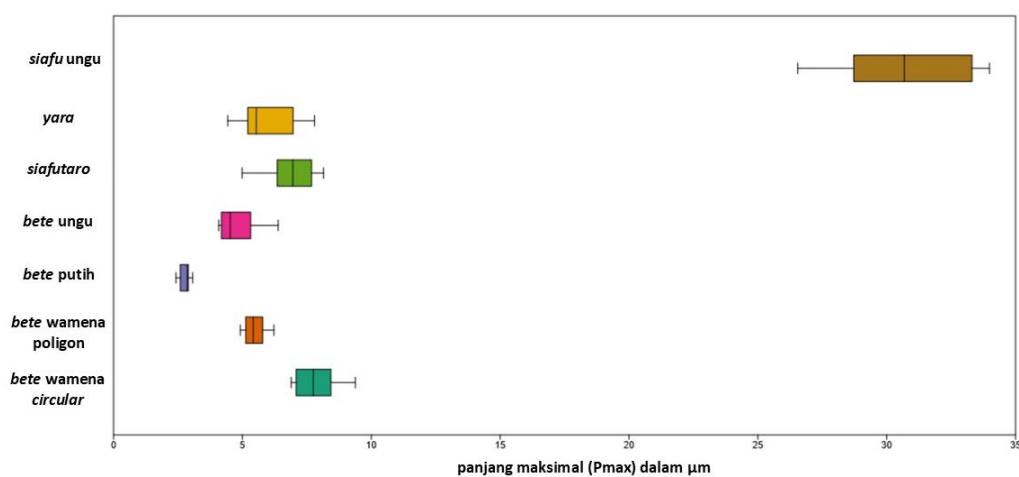
Butir pati umbi dari famili Araceae (*bete* putih, *bete* ungu, dan *bete* wamena) berukuran lebih kecil dibandingkan *siafutaro* dan *yara*. Rata-rata ukuran panjang maksimal butir pati ketiga umbi tersebut kurang dari 5 μm . Oleh karena ukurannya yang kecil dan kualitas perbesaran mikroskop masih terbatas, pengamatan mendetail pada morfologi butir pati *bete* putih, *bete* ungu, dan *bete* wamena sulit dilakukan. Hasil pengamatan menunjukkan beberapa ciri serupa ketiga umbi ini, yaitu hilum *centric*, *extinction cross* lurus, *unfissures*, dan *lamellae* tidak terlihat ([Tabel 1](#)). *Raphide* atau *calcium oksalat* dijumpai pada *bete* ungu dan *bete* wamena, sedangkan *bete* putih tidak ada. Variasi bentuk butir pati ketiga umbi talas ini terdiri dari *circular*, *irregular circular*, *oval*, dan *poligonal*. Butir pati *poligonal* memiliki beberapa varian, yaitu segiempat, segilima, dan segienam. Butir pati *bete* wamena memiliki dua kelompok yang menonjol, yaitu *circular* dan *poligonal*. Representasi butir pati umbi-umbian Papua dapat dilihat di [gambar 2](#).



Gambar 2. Atas : butir pati *bete* putih (kiri, perbesaran 40x), *bete* wamena, butir pati *circular* terlihat lebih besar dibandingkan bentuk yang lain (tengah), *bete* ungu (kanan, perbesaran 100x) ;
Bawah : butir pati *siafu* besar (kiri, perbesaran 40x), *siafutaro* (tengah, perbesaran 100x), *yara* (kanan, perbesaran 100x) (*Sumber* : hasil analisis Nia M.E.F, Adi D.S, Alifah ; *kredit foto* Nia M.E.F)

Data morfometri menunjukkan perbedaan signifikan antara ukuran butir pati *siafu* ungu (*D. alata*) dengan *D. esculenta* (*siafutaro* dan *yara*). *Siafu* ungu memiliki butir pati berukuran lebih dari 20 μm , jauh lebih besar daripada butir pati *siafutaro* dan *yara* yang berukuran kurang dari 10 μm . Variasi Panjang maksimal butir pati *siafu* ungu berkisar antara 27,26-43,44 μm . Sementara itu, variasi panjang maksimal butir pati *siafutaro* dan *yara* berkisar antara 4,88-9,68 μm dan 3,87-9,93 μm . Variasi ukuran tersebut serupa dengan rentang panjang maksimal butir pati umbi tumbuhan Arecaeae.

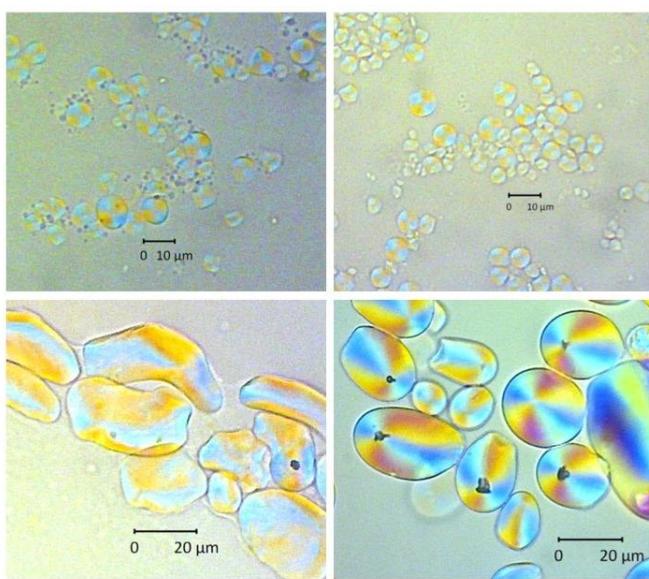
Butir pati kelompok talas memiliki beberapa variasi ukuran. Panjang maksimal butir pati *bete* putih berkisar antara 2,69-5,02 μm dan *bete* ungu berkisar antara 2,69-4,82 μm . Sementara itu, butir pati *bete* wamena memiliki dua kecenderungan ukuran berdasarkan bentuknya. Butir pati *bete* wamena bentuk *circular* berukuran lebih besar dengan panjang maksimal berkisar antara 5,38-13,05 μm . Adapun tipe poligonal berukuran panjang maksimal antara 4,92-6,22 μm , lebih besar dari *bete* putih dan *bete* ungu. Secara umum, ukuran butir pati dari umbi Arecaceae lebih kecil dibandingkan dengan Dioscoreaceae. Grafik *boxplot* pada [gambar 3](#) menunjukkan perbandingan ukuran butir pati umbi-umbian Papua berdasarkan panjang maksimal. Butir pati *siafu* ungu memiliki ukuran yang jauh lebih besar dibandingkan dengan umbi *Dioscorea* lainnya (*yara* dan *siafutaro*). Berdasarkan ukurannya, *siafu* ungu dikelompokkan dalam butir pati berukuran besar bersama dengan sampel tanaman sagu dan pisang.



Gambar 3. Grafik boxplot perbandingan ukuran panjang maksimal butir pati umbi-umbian Papua
(Sumber : hasil analisis Nia M.E.F, Adi D.S, Alifah)

Analisis morfotipologi tanaman non-umbi Papua

Sampel tanaman non-umbi Papua terdiri atas sukun (*Artocarpis altilis*) dan kluwih (*Artocarpis camansi*) dari famili Moraecae; Musa dari famili Musaceae; sagu merah dan sagu putih (*Metroxylon sagu*) dari famili Arecaceae. Butir pati buah sukun berbentuk *circular* dengan orientasi *hilum centric, extinction cross* lurus, *unfissured* dan garis-garis *lamellae* tidak terlihat (*indistinct*). Sampel biji kluwih memiliki butir pati dengan bentuk yang lebih beragam, yaitu *circular, oval*, dan poligonal dengan orientasi *hilum centric, extinction cross* lurus, *unfissured* dan *indistinct lamellae*. Butir pati sampel sukun dan kluwih tidak menampakkan adanya *raphide* atau kalsium oksalat.



Gambar 4. Butir pati : biji kluwih (kiri atas), sukun (kanan atas), pisang (kiri bawah), sagu (kanan bawah) dengan perbesaran 40x (Sumber : hasil analisis Nia M.E.F, Adi D.S, Alifah ; kredit foto Nia M.E.F)

Butir pati dari sagu merah, sagu putih, dan pisang mempunyai variasi yang didominasi bentuk oval. Bentuk putir pati sagu lebih bervariasi, terdiri dari oval, oval dengan satu bidang datar, *circular*, dan *irregular circular*. Keduanya memiliki butir pati dengan orientasi *hilum eccentric* dan *extinction cross* bergelombang. Perbedaan butir pati tanaman sagu dan pisang terlihat dari karakter *fissure* dan *lamellae*. Butir pati pisang tidak menampakkan adanya *fissure* seperti halnya sagu. Butir pati sagu menunjukkan beberapa variasi bentuk *fissure*, antara lain *perpendicular*, *stellate*, dan *irregular*. *Lamellae* terlihat pada sebagian besar butir pati sagu, namun tidak terlihat pada pisang. Sama seperti sukun dan kluwih, butir pati pisang dan sagu tidak menampakkan adanya *raphide*. Representasi butir pati sukun, kluwih, sagu, dan pisang dapat dilihat pada [gambar 4](#).

Morfometri butir pati sukun dan kluwih cenderung mirip yang ukurannya kurang dari 10 μm . Panjang maksimal butir pati kluwih lebih besar daripada sukun. Rata-rata ukurannya adalah 8,74 μm dengan kisaran panjang maksimal antara 7,03-10,59 μm . Adapun rata-rata ukuran butir pati sukun adalah 7,56 μm dengan kisaran panjang maksimal antara 4,48-9,93 μm . Ukuran tersebut jauh lebih kecil dibandingkan dengan butir pati sagu dan pisang.

Hasil pengukuran butir pati sagu dan pisang mengungkap bahwa keduanya berukuran lebih dari 20 μm . Butir pati sagu lebih kecil dari pisang, dengan rata-rata panjang maksimal 36,66 μm untuk sagu merah dan 37,23 μm untuk sagu putih. Hasil pengukuran morfometri butir pati sagu putih dan merah membagi butir pati menjadi dua, yaitu tipe besar dan tipe kecil ([Tabel 1](#)). Kedua tipe ini secara morfologi memiliki karakteristik yang sama. Panjang maksimal butir pati sagu putih adalah 21,62-58,49 μm dan butir pati sagu merah antara 22,5-55,45 μm . Secara umum, ukuran butir pati kedua jenis sagu ini cenderung sama. Sementara itu, pisang memiliki butir pati yang berukuran lebih besar daripada

sagu, dengan rata-rata panjang maksimal 41,99 μm . Ukuran panjang maksimalnya bervariasi antara 19,48-61,93 μm .

Analisis butir pati dari Gua Karas dan Ceruk Atiat

Studi arkeobotani menemukan jejak butir pati dari residu yang menempel di permukaan dalam fragmen gerabah situs Gua Karas dan Ceruk Atiat di Papua. Butir pati ditemukan pada residu duabelas fragmen gerabah Gua Karas dari total 24 sampel gerabah yang diekstrak (K1-K24). Morfologi dan karakteristik butir pati Gua Karas mengindikasikan ada lebih dari satu jenis tanaman yang pernah dimanfaatkan oleh pendukung budaya di situs tersebut. Butir pati Gua Karas memiliki variasi bentuk yang terdiri dari circular dan oval; orientasi hilum centric dan eccentric, dan dua tipe extinction cross (lurus dan bergelombang). Hasil pengamatan mendapatkan fissure dan lamellae yang terlihat pada beberapa sampel, meskipun keduanya tidak tampak pada sebagian besar lainnya. Butir pati dari sampel residu gerabah Gua Karas terbagi menjadi dua kelompok berdasarkan morfometri, yaitu tipe kecil (kurang dari 10 μm), dan besar (lebih dari 10 μm).

Analisis arkeobotani juga mendapatkan butir pati dari enam residu fragmen gerabah di situs Ceruk Atiat (A1-A6). Semua sampel gerabah dari Ceruk Atiat mengandung residu dengan jejak butir pati. Pengamatan mendapatkan butir pati dari semua sampel dalam jumlah yang cukup banyak (lebih dari 20 butir pati pada setiap slide preparate yang disiapkan). Ciri morfologi butir pati dari Ceruk Atiat hampir sama dengan temuan di Gua Karas, yaitu bentuk *circular* dan *oval*, orientasi *hilum centric* dan *eccentric*, *unfissured*, *indistinct lamellae*, dan *straight extinction cross*. Pengelompokan butir pati dari Ceruk Atiat berdasarkan morfometri menghasilkan dua tipe, yaitu kecil (kurang dari 10 μm) dan besar (lebih dari 10 μm).

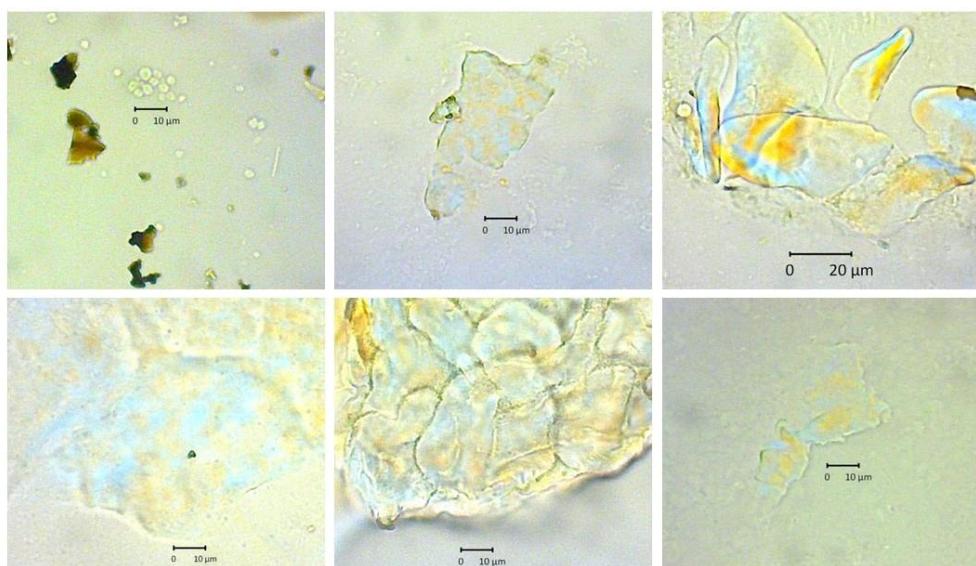
Hasil analisis juga mendapatkan butir pati rusak yang diduga sebagai akibat dari proses pengolahan. Perubahan ini menyebabkan proses identifikasi butir pati yang tertinggal di konteks arkeologi cenderung sulit dilakukan. Namun, pada butir pati yang masih utuh pun proses identifikasi sulit dilakukan tanpa referensi yang memadai. Analisis butir pati dari Gua Karas dan Ceruk Atiat menunjukkan butir pati tipe kecil memiliki ciri morfologi dan morfometri yang menyerupai sampel referensi tanaman umbi-umbian Papua.

DISKUSI DAN PEMBAHASAN

Masyarakat Papua memanfaatkan umbi-umbian dan sagu sebagai makanan pokok yang paling penting. Keduanya memiliki nilai sosial-religi yang berpengaruh terhadap kehidupan masyarakat Papua. Sagu berfungsi sebagai penanda identitas, batas wilayah, dan bagian ritual adat di Papua ([Suroto dkk., 2023](#)). Sementara itu, beberapa jenis ubi-ubian atau Dioscorea, seperti *yara* dan *siafutaro*, serta talas atau Colocasia seperti *bete* putih, *bete* ungu, dan *bete* wamena juga memiliki peranan penting dalam kehidupan sosial dan ritual masyarakat Papua di wilayah Sentani dan Wamena. Kedua jenis tanaman ini telah dimanfaatkan oleh masyarakat Papua sejak jaman dahulu. Masyarakat Papua juga memanfaatkan tumbuhan lokal seperti sukun dan pisang sebagai sumber pangan. Sukun berasal dari wilayah Papua Nugini dan sudah dimanfaatkan sebagai

sumber pangan sejak 3.000 tahun yang lalu. Adapun pisang telah dibudidaya sejak 7.000 tahun yang lalu di Kuk Swamp, dataran tinggi Papua Nugini ([Denham & Donohue, 2009](#); [Denham dkk., 2003](#)). Keduanya saat ini merupakan sumber makanan yang memiliki nilai ekonomi tinggi bagi masyarakat Papua.

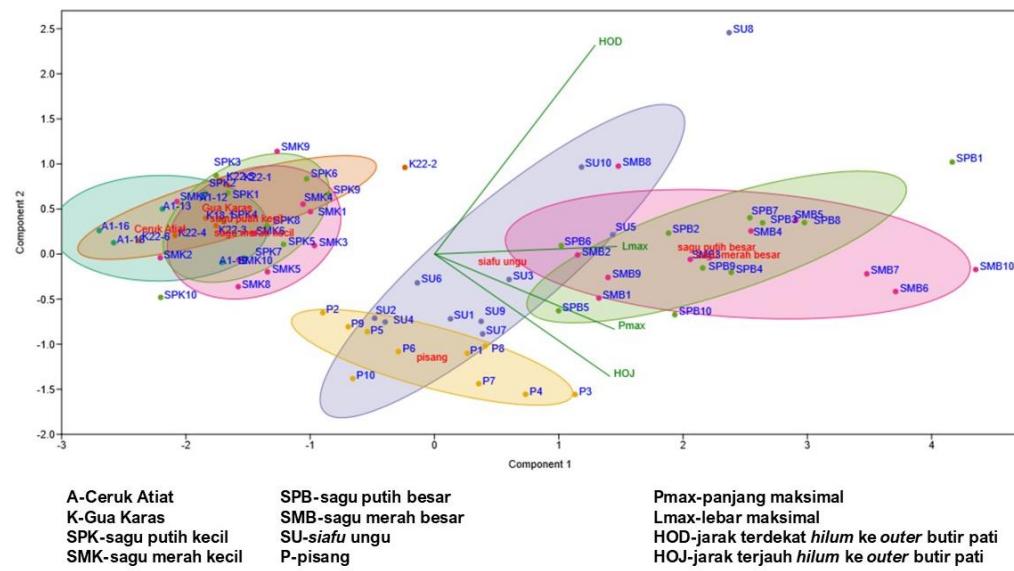
Konsumsi umbi-umbian, sagu, dan sukun umumnya dilakukan setelah dimasak/diolah dengan pemanasan. Proses pemanasan mengakibatkan perubahan pada morfologi dan kimia fisik butir pati ([Wan dkk., 2020](#)). Bentuk, ukuran butir, dan struktur pati sampel umbi-umbian, sukun, sagu, dan pisang dari Papua berubah karena proses pengolahan dengan dibakar atau direbus. Butir pati tanaman yang dibakar di atas arang/bara api tidak seluruhnya mengalami kerusakan atau perubahan morfologi. Proses gelatinisasi terjadi, tetapi tidak sepenuhnya mengubah bentuk dan struktur butir pati. Sebagian kecil butir pati talas (*bete* putih, *bete* ungu, dan *bete* wamena) bakar terlihat utuh meskipun mengalami perubahan pada morfometrinya. Ukurannya menjadi lebih besar dari bentuk aslinya. Butir pati *yara*, *siafu*, sukun, dan sagu yang dibakar seluruhnya mengalami gelatinisasi dan tidak menyisakan bentuk utuh. Butir pati utuh masih dijumpai pada buah pisang bakar. Adapun butir pati dari semua sampel tanaman pangan Papua yang direbus seluruhnya mengalami perubahan struktur dan tidak menyisakan bentuk utuh ([Gambar 5](#)).



Gambar 5. Atas : butir pati bete ungu bakar (kiri), siafu ungu bakar (tengah), pisang bakar (kanan) ;
Bawah : butir pati siafutaro rebus (kiri), siafu ungu rebus (tengah), yara rebus (kanan). Semua dengan
perbesaran 40x (Sumber : analisis oleh Nia M.E.F, Adi D.S, Alifah)

Morfologi dan morfometri sampel butir pati tanaman Papua menjadi referensi untuk membantu identifikasi temuan butir pati dari situs Ceruk Atiat dan Gua Karas di Papua. Pengamatan menemukan butir pati dari Ceruk Atiat dan Gua Karas dengan ciri morfologi menyerupai butir pati kelompok umbi-umbian. Penentuan identifikasi selanjutnya menggunakan perbandingan data morfometri butir pati dari kedua situs dengan butir pati sampel tumbuhan umbi dan nonumbi. Data morfometri menunjukkan perbedaan signifikan antara butir pati sagu, pisang, dan *siafu* ungu yang berukuran besar (lebih dari 20 µm) dengan butir

pati *siafutaro*, *yara*, talas-talasan, sukun, dan kluwih. Oleh karena itu, pengolahan data morfometri terbagi dalam dua grup, yaitu butir besar untuk *siafu* ungu, sagu, dan pisang; dan butir pati kecil untuk *siafutaro*, *yara*, talas-talasan, sukun, dan kluwih. Pengelompokan ini juga diaplikasikan pada butir pati dari Ceruk Atiat dan Gua Karas.

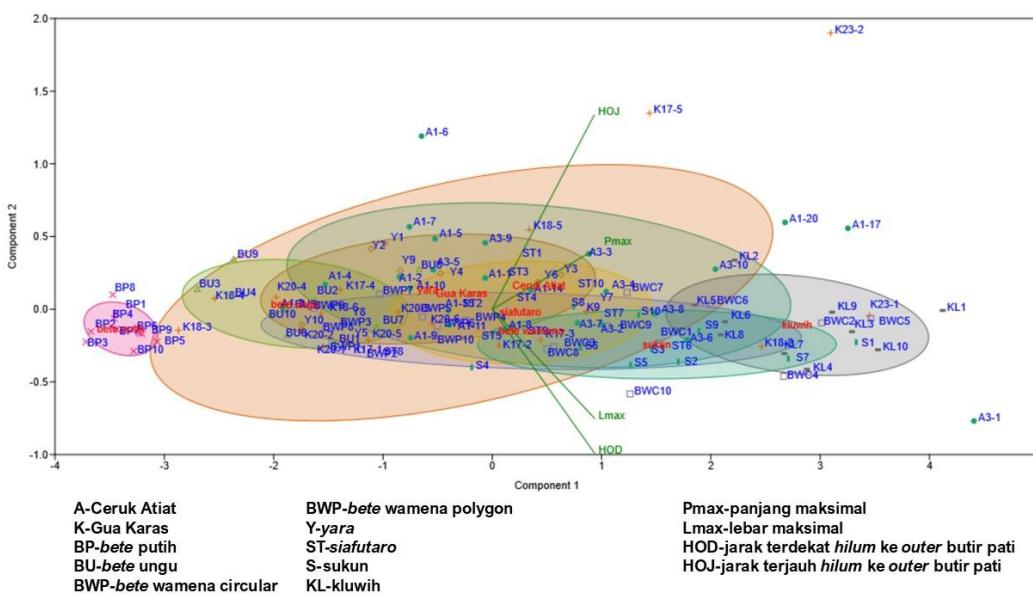


Gambar 6. Grafik PCA perbandingan butir pati Ceruk Atiat dan Gua Karas berukuran besar dengan butir pati *siafu* ungu, sagu, dan pisang (*Sumber : analisis oleh Nia MEF, Adi DS, Alifah*)

Gambar 6 menggambarkan pengelompokan butir pati berdasarkan variabel morfometrinya dengan analisis *Principal Component Analysis* (PCA). Pengukuran morfometri butir pati menggunakan empat variabel, yaitu panjang maksimal (P_{max}), lebar maksimal (L_{max}) dan jarak terjauh titik pusat *hilum* ke margin terluar (HOD), jarak terdekat titik pusat *hilum* ke margin terluar (HOJ). Garis biplot menunjukkan bahwa HOD atau jarak terdekat antara hilum dengan garis terluar menjadi variabel yang menentukan perbedaan dari masing-masing butir pati. Hal ini disebabkan karena sebagian besar butir pati berbentuk oval dengan orientasi *hilum eccentric* dan jarak *hilum-lapisan* terluar yang bervariasi. Gambar 6 juga memperlihatkan butir pati dari situs Ceruk Atiat dan Gua Karas cenderung mengelompok dengan sagu merah dan sagu putih berukuran kecil. Perbandingan morfometri butir pati dari kedua situs tersebut tidak bersinggungan dengan butir pati pisang.

Perbandingan butir pati berukuran kecil dari situs Ceruk Atiat dan Gua Karas dengan sampel tumbuhan talas-talasan, *siafutaro*, *yara*, sukun, dan kluwih mendapatkan hasil yang berbeda. Garis biplot menunjukkan bahwa HOJ atau jarak terjauh antara *hilum* dengan garis terluar menjadi variabel yang menentukan perbedaan dari masing-masing butir pati. Hal ini disebabkan karena sebagian besar butir pati berbentuk *circular* dengan orientasi *hilum centric* sehingga jarak titik terdekat maupun terjauh titik pusat *hilum* ke lapisan terluar cenderung simetris. Gambar 7 juga memperlihatkan butir pati dari situs Ceruk Atiat dan Gua Karas mengelompok dengan *bete wamena*, *yara*, *siafutaro*, sukun, dan kluwih.

Perbandingan morfometri butir pati dari kedua situs tersebut tidak bersinggungan dengan butir pati *bete* putih.



Gambar 7. Grafik PCA perbandingan butir pati Ceruk Atiat dan Gua Karas berukuran kecil dengan butir pati *bete* putih, *bete ungu*, *bete wamena*, *siafutaro*, *yara*, *sukun* dan *kluwih* (*Analisis oleh Nia MEF dan Adi DS*)

Perbandingan temuan butir pati dari Gua Karas dan Ceruk Atiat dengan hasil analisis sampel tanaman Papua berhasil mengidentifikasi jenis tumbuhan yang dimanfaatkan di kedua situs tersebut. Butir pati tipe kecil dari Ceruk Atiat dan Gua Karas cenderung menyerupai kelompok *Dioscorea* (*siafutaro* dan *yara*), *Colocasia* (*bete wamena* dan *bete ungu*), dan *Artocarpus* (*sukun* dan *kluwih*). Sementara itu, butir pati berukuran sedang-besar dari kedua situs berada dalam kelompok tumbuhan *Metroxylon* (*sagu merah* dan *sagu putih*). Hasil analisis tidak mendapatkan butir pati pisang, *siafu ungu*, dan *bete putih* dari situs Ceruk Atiat dan Gua Karas. Identifikasi temuan butir pati dari kedua situs ini juga mengindikasikan adanya aktivitas pengolahan tumbuhan. Indikasi tersebut ditunjukkan oleh butir pati dengan gejala kerusakan dan gelatinisasi. Namun, identifikasi untuk butir pati dengan indikasi pengolahan tidak dapat ditentukan.

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini secara umum menyajikan data morfologi dan morfometri yang berguna menjadi pembanding temuan butir pati dari situs arkeologi. Gabungan pengamatan ciri morfologi dan morfotipe memperkuat identifikasi jenis butir pati tertentu. Butir pati sampel referensi tumbuhan umbi dan nonumbi Papua serta butir pati dari situs Ceruk Atiat dan Gua Karas memiliki bentuk yang sangat bervariasi. Identifikasi berdasarkan karakteristik morfologi saja tidak cukup untuk menentukan jenis tumbuhan yang terdapat di kedua situs tersebut. Tanpa memasukkan parameter morfometri, penentuan identifikasi

menjadi sulit dilakukan. Kesulitan ini juga terjadi pada butir pati yang telah mengalami perubahan bentuk dan struktur akibat proses pengolahan tanaman. Oleh karena itu, hasil penelitian ini dapat menambah basis data morfologi butir pati yang berguna sebagai referensi untuk proses identifikasi temuan dari konteks arkeologi. Keberhasilan identifikasi butir pati di Gua Karas dan Ceruk Atiat memberikan petunjuk mengenai jenis tanaman yang menjadi bahan pangan pada masa prasejarah di wilayah ini. Jenis tanaman tersebut adalah umbi-umbian yang terdiri dari jenis *Dioscorea* dan *Colocasia*. Selain umbi-umbian, Ceruk Atiat dan Gua Karas juga memanfaatkan tumbuhan jenis *Metroxylon* dan *Artocarpus* sebagai sumber makanan. Jenis-jenis tumbuhan tersebut sampai saat ini masih menjadi sumber makanan meskipun perannya semakin terpinggirkan karena masyarakat Papua mulai beralih ke beras sebagai makanan pokok.

PERNYATAAN PENULIS

Adi Dian Setiawan (ADS), Nia Marniati Etie Fajari (NMEF) dan Alifah (A) adalah penulis utama dalam artikel ini. Seluruh penulis berperan dalam proses preparasi sampel reference. A berperan dalam penyusunan outline tulisan, penulisan pendahuluan, dan metode. NMEF berperan dalam identifikasi sampel reference dan pengukuran morfologi dan morfometri dan ADS berperan dalam penyelesaian draft tulisan dan pengiriman ke jurnal. Draf artikel ini telah dibaca dan disetujui oleh seluruh autor sebelum dilakukan pengiriman ke jurnal. Seluruh penulis sudah memastikan bahwa tidak ada konflik kepentingan dalam penulisan artikel ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada seluruh anggota tim Hari Suroto, Katrynada Jauharatna, Emilie Mansoben, dan Irmawati yang telah berkontribusi dalam proses pengumpulan sampel tanaman di Papua. Terima kasih juga disampaikan kepada Dr. Sofwan Noerwidhi untuk diskusi-diskusi yang mencerahkan. Penelitian ini didanai oleh Rumah Program Organisasi Riset Arkeologi Bahasa dan Sastra, Badan Riset dan Inovasi Nasional tahun 2023 atas nama penerima Alifah. Seluruh proses analisis dilakukan di Laboratorium exs Balai Arkeologi Yogyakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- Alifah, Nfn., Widianto, H., Arrozain, M. D. F., Purnamasari, R., Suniarti, Y., & Ansyori, M. (2022). Pemanfaatan sumber daya alam masa prasejarah berdasarkan temuan arkeologis Gua Arca, Pulau Kangean, Jawa Timur. *Berkala Arkeologi*, 42(1), 1–16. <https://doi.org/10.30883/jba.v42i2.955>
- Arráiz, H., Barbarin, N., Pasturel, M., Beaufort, L., Domínguez-Rodrigo, M., & Barboni, D. (2016). Starch granules identification and automatic classification based on an extended set of morphometric and optical measurements. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 7, 169–179. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2016.03.039>
- Denham, T., & Donohue, M. (2009). Pre-Austronesian dispersal of banana cultivars west from New guinea: linguistic relics from eastern Indonesia. *Archaeology in Oceania*, 44(1), 18–28. <https://doi.org/10.1002/j.1834-4453.2009.tb00041.x>
- Denham, T. P., Haberle, S. G., Lentfer, C., Fullagar, R., Field, J., Therin, M., Porch, N., & Winsborough, B. (2003). Origins of agriculture at Kuk Swamp in the highlands of New Guinea. *Science*, 301(5630), 189–193. <https://doi.org/10.1126/science.1085255>
- Fajari, N. M. E. (2023). *Keanekaragaman Vegetasi dan Pemanfaatannya pada Masa Prasejarah di Situs Gua dan Ceruk Perbukitan Karst Kotabaru, Kalimantan Selatan*. Universitas Gadjah Mada.
- ICSN (*International Code for Starch Nomenclature*), (2011). <https://fossilfarm.org/ICSN/Code.html>
- Lentfer, C. J. (2009). Building A Comparative Starch Reference Collection For Indonesia and Its Application to Palaeoenvironmental and Archaeological Research. Dalam M. Haslam, G. Robertson, A. Crowther, S. Nugent, & L. Kirkwood (Ed.), *Terra Australis* (Vol. 30, hlm. 80–101). <https://doi.org/DOI:10.22459/TA30.07.2009.07>
- Lentfer, C., Therin, M., & Torrence, R. (2002). Starch grains and environmental reconstruction: A modern test case from west New Britain, Papua New Guinea. *Journal of Archaeological Science*, 29(7), 687–698. <https://doi.org/10.1006/jasc.2001.0783>
- Patridina, E. P. B. G. G. (2018). *Sumber Daya Tumbuhan dan Pemanfaatannya di Situs Gua Makpan, Alor, Nusa Tenggara Timur (40.000-2.500 BP)*. Universitas Gadjah Mada.
- Puspitasari, I. (2023). *Variasi Bahan Makanan Dua Individu Pendukung Situs Plawangan Berdasarkan Analisis Starch dan Fitolit pada Kalkulus Gigi*. Universitas Gadjah Mada.
- Reichert, E. T. (1913). The Differentiation and Specificity of Starches in Relation to Genera, Species, etc. Carnegie Institute.
- Setiawan, A. D., & et.al. (2021). *Pola Hunian Manusia Masa Prasejarah di Wilayah Tambrauw, Pulau Papua: Laporan Penelitian Arkeologi*.

- Suroto, H., Djami, E. N. J., & Mahmud, M. I. (2012). *Laporan Penelitian Arkeologi: Ekskavasi Gua Karas, Kabupaten Kaimana*.
- Suroto, H., Maryone, R., & Salhuteru, M. (2023). Budaya Sagu di Papua dari Masa Prasejarah Hingga Masa Kini. *Naditira Widya*, 17(1), 57–66. <https://doi.org/10.24832/nw.v17i1.526>
- Torrence, R., & Barton, H. (2006). *Ancient Starch Research*. Left Coast Press, Inc.
- Torrence, R., Wright, R., & Conway, R. (2004). Identification of starch granules using image analysis and multivariate techniques. *Journal of Archaeological Science*, 31(5), 519–532. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2003.09.014>
- Wan, Z., Lin, S., Ju, M., Liao, F., Zhou, G., & Jia, Y. (2021). Starch granule analysis reveals the functions of stone tools and implications on subsistence economy in Neolithic Yangtze River Basin, China. *Current Science*, 120(9), 1520–1526. <https://doi.org/doi: 10.18520/cs/v120/i9/1520-1526>
- Wan, Z. W., Lin, S. P., Ju, M., Ling, C. H., Jia, Y. L., Jiang, M. X., & Liao, F. Q. (2020). Morphotypological analysis of starch granules through discriminant method and its application in plant archeological samples. *Applied Ecology and Environmental Research*, 18(3), 4595–4608. https://doi.org/10.15666/aeer/1803_45954608
- Yang, Y. Z., Li, W. Y., Yao, L., Cheng, Z. J., Luo, W. H., Zhang, J. Z., Lin, L. G., Gan, H. Y., & Yan, L. (2016). Plant food sources and stone tools' function at the site of Shunshanji based on starch grain analysis. *Science China Earth Sciences*, 59(8), 1574–1582. <https://doi.org/10.1007/s11430-016-5321-9>

