

---

## Perkembangan Analisis Butir Pati dalam Kajian Arkeobotani di Indonesia

M. Dziyaul F. Arrozain

---

Perkumpulan Ahli Arkeologi Indonesia (IAAI) Komda DIY-Jawa Tengah

Email penulis koresponden : [dziyaul.arrozain@aol.com](mailto:dziyaul.arrozain@aol.com)

---

### ABSTRACT

*The study of archaeobotany in Indonesia has progressed significantly over the past two decades. However, research based on starch grain analysis remains limited and less recognized. This article presents the development of starch grain analysis in Indonesia, utilizing data from archaeobotanical studies conducted between 2011 and 2024. The findings reveal that various extraction procedures, identification processes, and interpretations of starch grains have contributed to understanding the past relationship between humans and plants. Moreover, these aspects have also contributed to the development of starch grain analysis trends, including methodological development and diversification phases. However, starch analyses still face limitations, including restricted geographical scope, disparities in cultural period coverage, and insufficient reference sample databases. Addressing these limitations promptly is crucial to facilitate more comprehensive and accelerated advancements in starch grain analysis in the future.*

**Keywords:** Starch Grains; Archaeobotany; Human; Plants; Method; Diversification

### ABSTRAK

Kajian arkeobotani di Indonesia berkembang pesat dalam dua dekade terakhir. Namun, kajian arkeobotani yang berbasis butir pati masih relatif sedikit dilakukan dan kurang banyak diketahui. Artikel ini memaparkan perkembangan analisis butir pati yang telah dilakukan di Indonesia melalui kajian literatur. Data yang digunakan berupa hasil penelitian arkeobotani yang menganalisis butir pati dari tahun 2011 hingga 2024. Hasil riset menunjukkan bahwa ragam prosedur ekstraksi, proses identifikasi, dan interpretasi butir pati berhasil menarasikan relasi manusia dan tumbuhan di masa lalu. Selain itu, ketiganya juga menghasilkan tren perkembangan keilmuan analisis butir pati berupa fase perkembangan metode dan fase diversifikasi kajian. Namun demikian, analisis butir pati yang telah dilakukan masih menyisakan keterbatasan berupa cakupan wilayah kajian, kesenjangan cakupan periodisasi situs, dan keterbatasan *database* sampel referensi. Limitasi tersebut perlu segera diperbaiki agar analisis butir pati dapat berkembang lebih pesat lagi di masa yang akan datang.

**Kata Kunci:** Butir Pati; Arkeobotani; Manusia; Tumbuhan; Metode; Diversifikasi

## PENDAHULUAN

Arkeobotani (*archaeobotany*) merupakan salah satu cabang ilmu arkeologi yang menitikberatkan pada relasi manusia dengan tumbuhan di masa lalu (Lancelotti & Madella, 2023). Tujuan tersebut dapat dicapai oleh arkeobotani melalui analisis ekofak berupa sisa-sisa tumbuhan. Hasil analisis sisa tumbuhan yang dikombinasikan dengan konteks arkeologi menghasilkan narasi mengenai karakteristik lingkungan yang mendukung penghunian situs di masa lalu, perubahan lingkungan yang berdampak pada pola aktivitas budaya manusia, dan pemanfaatan tumbuhan untuk subsistensi manusia (Pearsall, 2018).

Data sisa tumbuhan yang dikaji dalam arkeobotani sangat beragam. Secara umum, data tersebut dibagi menjadi dua jenis, yaitu sisa tumbuhan makro (*macrobotanical remains*) dan sisa tumbuhan mikro (*microbotanical remains*). Sisa tumbuhan makro merupakan sisa tumbuhan yang relatif dapat dilihat menggunakan mata telanjang, seperti biji, umbi, akar, kayu, daun, dan buah (Lancelotti & Madella, 2023). Sementara itu, sisa tumbuhan mikro merupakan sisa tumbuhan yang hanya dapat dilihat melalui bantuan mikroskop, seperti polen (*pollen*), fitolit (*phytolith*), butir pati (*starch grain*), dan kalsium oksalat (*raphides*) (Lancelotti & Madella, 2023).

Kajian arkeobotani di Indonesia mengalami perkembangan yang pesat dalam dua dekade terakhir. Kajian ini telah menghasilkan narasi mengenai relasi manusia dan lingkungan. Narasi tersebut berupa rekonstruksi kondisi lingkungan situs di masa lalu dan pemanfaatan tumbuhan untuk subsistensi manusia pendukung situs arkeologi (Alifah, 2017; Pratama, 2020; Zahro et al., 2023). Kedua narasi tersebut mayoritas dihasilkan dari analisis sisa tumbuhan mikro. Penggunaan fitolit dalam kajian arkeobotani relatif dominan pada tahun 2009-2022. Selama kurun 13 tahun tersebut, kajian arkeobotani juga menggunakan data sisa tumbuhan mikro lain berupa polen. Namun, tren ini berubah sejak tahun 2017. Ketika sejumlah kajian arkeobotani mulai menggunakan data sisa tumbuhan mikro berupa butir pati (Amara et al., 2023).

Butir pati digunakan sebagai proksi alternatif untuk menginterpretasikan relasi manusia dan tumbuhan di masa lalu. Butir pati merupakan sisa tumbuhan mikro yang berbentuk struktur semi-kristal karbohidrat kompleks. Butir pati tersusun atas amilosa dan amilopektin yang dibentuk oleh organel plastid di dalam sel tumbuhan (Henry, 2014; Pérez & Bertoft, 2010). Plastid membentuk titik inti (*hilum*) yang dapat mengembang hingga membentuk gumpalan-gumpalan butir pati. Saat butir pati telah



terbentuk sempurna, selaput berupa *lamellae* muncul menyelubungi butir pati (Pérez et al., 2009).

Butir pati dapat terbentuk di bagian-bagian tumbuhan seperti akar, biji, umbi, dan buah belum masak (*unripe-fruit*) (Preiss, 2018), serta berfungsi sebagai tempat penyimpanan energi (Henry, 2014). Pemanfaatan bagian-bagian tumbuhan, seperti akar (*root*) dan umbi-umbian (*tuber*) akan meninggalkan jejak butir pati. Jejak pati tersebut dapat diidentifikasi menggunakan protokol *The International Code for Starch Nomenclature* (ICSN) yang disusun oleh *Internet Conference for Starch Nomenclature* pada 2011 (ICSN, 2011).

Analisis butir pati memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan dengan analisis polen dan fitolit dalam kajian arkeobotani. Hal ini mengingat butir pati berasal dari bagian tumbuhan yang jelas dikonsumsi oleh manusia, seperti akar dan umbi. Berbeda dengan polen yang berasal dari bunga, serta fitolit yang umumnya berasal dari bagian daun dan batang, bagian tumbuhan tersebut relatif jarang dikonsumsi secara umum (Torrence & Barton, 2006). Oleh sebab itu, jika dibandingkan dengan analisis polen dan fitolit, maka keberadaan butir pati dapat secara langsung menunjukkan adanya aktivitas konsumsi tumbuhan tersebut.

Keunggulan butir pati juga tampak melalui jangkauan identifikasi taksonominya. Setiap butir pati memiliki fitur khas dalam hal ukuran, bentuk, dan bagian-bagian spesifik tertentu (Torrence & Barton, 2006). Hal tersebut dapat membantu identifikasi taksonomi butir pati hingga tingkat spesies. Kondisi ini berbeda dengan fitolit yang umumnya menjangkau takson famili (*family*) (Piperno, 2006). Hanya sebagian kecil fitolit yang dapat diidentifikasi secara detail hingga tingkat spesies, salah satunya padi (Fuller et al., 2019).

Adanya keunggulan yang dimiliki oleh butir pati menjadikan analisis sisa tumbuhan mikro ini berkembang pesat dalam kajian arkeobotani (Torrence & Barton, 2006). Sayangnya, penelitian arkeobotani di Indonesia yang menganalisis butir pati masih sedikit. Berdasarkan hasil kajian diketahui bahwa terdapat tiga penelitian arkeobotani yang menganalisis butir pati dalam rentang waktu tahun 2018-2022 (Amara et al. 2023). Padahal butir pati sudah diperkenalkan dalam kajian arkeobotani di Indonesia setidaknya sejak tahun 2002. Saat itu, Carol J. Lentfer bersama timnya telah mengumpulkan sampel referensi butir pati dari tumbuhan segar di Flores, Nusa Tenggara Timur (C. Lentfer, 2009). Namun, penelitian arkeobotani yang menganalisis

butir pati dalam konteks situs arkeologi di Indonesia baru muncul lebih dari satu dekade kemudian (Amara et al., 2023). Melihat kondisi tersebut, artikel ini bertujuan untuk memaparkan perkembangan analisis butir pati dalam kajian arkeobotani yang telah dilakukan di situs-situs arkeologi Indonesia hingga saat ini.

Penelitian mengenai perkembangan kajian arkeobotani di Indonesia telah banyak dilakukan. Amara et al. (2023) dalam artikelnya telah memaparkan perkembangan kajian arkeobotani secara umum di Indonesia. Pratama (2020) dan Zahro et al. (2023) telah memaparkan mengenai perkembangan kajian fitolit dalam lingkup arkeologi di Indonesia. Sementara itu, Alifah (2017) memaparkan pemanfaatan fitolit dan butir pati dalam studi arkeologi lingkungan. Dari keempat artikel tersebut, butir pati belum pernah diulas secara khusus dan komprehensif. Oleh sebab itu, artikel ini melakukan kajian yang dikhususkan pada analisis butir pati untuk melengkapi pengetahuan dalam studi arkeobotani di Indonesia, serta menjadi pemantik untuk pengembangan kajian butir pati di masa yang akan datang.

## METODE

Artikel ini menerapkan alur berpikir secara induktif untuk mengetahui perkembangan analisis butir pati dalam kajian arkeobotani di Indonesia. Studi pustaka secara sistematis dilakukan terhadap hasil-hasil penelitian arkeobotani yang menganalisis sisa tumbuhan mikro berupa butir pati. Penelusuran kepustakaan dalam penelitian ini memanfaatkan data koleksi Perpustakaan Universitas Gadjah Mada (UGM) melalui *search engine* <http://etd.repository.ugm.ac.id>. Selain itu, penelusuran juga dilakukan melalui repositori *Google Scholar* (<https://scholar.google.com/>) dan *ResearchGate* (<https://www.researchgate.net/>). Kata kunci yang dipilih sebagai penapisan (*filtering*) yaitu: “butir pati” (“*starch grains*”) dan “pati” (“*starch*”). Namun, beberapa penelitian terkadang tidak mencantumkan kata kunci tersebut secara eksplisit, sehingga penelusuran kepustakaan menggunakan kata kunci yang lebih umum berupa “arkeobotani” (“*archaeobotany*”) atau “arkeobotani Indonesia” (“*Indonesian archaeobotany*”).

Berdasarkan hasil studi pustaka diketahui bahwa penelitian arkeobotani yang menganalisis butir pati di Indonesia masih sangat terbatas. Mayoritas penelitian tersebut banyak dilakukan oleh mahasiswa Departemen Arkeologi FIB UGM untuk penulisan tugas akhir berupa skripsi sarjana dan tesis magister. Selain itu, beberapa penelitian arkeobotani yang menganalisis butir pati juga dilakukan oleh peneliti yang



dipublikasikan dalam beberapa artikel jurnal. Terakhir, hasil analisis butir pati juga dipublikasi dalam modul yang diterbitkan oleh Departemen Arkeologi FIB UGM. Modul tersebut mengulas metode ekstraksi butir pati dari sedimen. Meskipun lebih banyak menjelaskan metode ekstraksi, tetapi modul tersebut juga memaparkan variasi sisa tumbuhan yang diperoleh dalam proses ekstraksi butir pati dari sedimen.

Sumber pustaka yang telah dikumpulkan lantas dianalisis untuk mendapatkan informasi mengenai: (1) konteks data dan cara ekstraksi butir pati; (2) identifikasi taksonomi tumbuhan dari butir pati; serta (3) interpretasi butir pati dalam konteks situs arkeologi di Indonesia. Hasil analisis tersebut ditarik kesimpulannya hingga membentuk tren perkembangan analisis butir pati dalam kajian arkeobotani di Indonesia.

## **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

### **Ragam Penelitian Arkeobotani tentang Analisis Butir Pati**

Kajian kepustakaan terhadap penelitian arkeobotani di Indonesia menunjukkan bahwa terdapat sembilan penelitian arkeobotani yang menganalisis sisa tumbuhan mikro berupa butir pati. Kesembilan hasil penelitian tersebut dipublikasi dalam rentang tahun 2011-2024 (**Tabel 1**). Hasil ini mengoreksi hasil kajian sebelumnya bahwa analisis butir pati dalam kajian arkeobotani di Indonesia muncul sejak 2017 (Amara et al. 2023).

Penelitian yang dilakukan oleh Muasomah pada tahun 2011 dapat dianggap sebagai penelitian arkeobotani awal yang menganalisis butir pati. Hasil penelitian menunjukkan adanya pemanfaatan tumbuhan pada masa neolitik di Situs Kendenglembu, Banyuwangi (Muasomah, 2011). Lima tahun kemudian, yaitu pada tahun 2016, Alifah melakukan analisis butir pati yang dikombinasikan dengan fitolit dari fragmen gerabah dan sedimen di Situs Here Sorot Entapa dan Kuil Eu Lapa, Pulau Kisar, Maluku (Alifah, 2016). Pada tahun 2018 terdapat dua hasil analisis butir pati yang dilakukan di Gua Makpan, Alor, NTT (Patridina, 2018) dan di Situs Pulau Ay, Banda, Maluku (Lape et al., 2018). Patridina (2018) melakukan analisis butir pati mirip seperti yang dilakukan oleh Alifah (2016), yakni dari sedimen dan artefak batu. Adapun Lape et al. (2018) menganalisis butir pati dari fragmen gerabah.

Memasuki tahun 2020-an, penelitian arkeobotani berkembang relatif pesat. Dalam rentang tahun 2022-2024 terdapat lima penelitian arkeobotani yang

menganalisis butir pati. Pada tahun 2022, analisis butir pati dari residu fragmen alat tulang dilakukan oleh Alifah et al. (2022) di Situs Gua Arca, Kangean, Jawa Timur. Pada tahun berikutnya, terdapat tiga hasil analisis butir pati yang diperoleh dari residu berbagai jenis artefak. Fajari (2023) dalam tesisnya berhasil memperoleh butir pati yang tersisa di residu fragmen gerabah dan artefak batu dari situs gua dan ceruk Perbukitan Karst Kotabaru, Kalimantan Selatan. Sementara itu, Nisa (2023) melakukan penelitian skripsi terhadap residu butir pati yang tertinggal di batu pipisan dan gandik dari Situs Liyangan, Temanggung, Jawa Tengah. Adapun Puspitasari (2023) berhasil mendapatkan butir pati yang tersisa di kalkulus gigi rangka manusia dari Situs Plawangan, Rembang, Jawa tengah. Terbaru, modul ekstraksi butir pati dari sedimen ditulis oleh Arrozain & Anggraeni (2024) berdasarkan hasil penelitiannya di Situs Palembang, Kalumpang, Sulawesi Barat. Meskipun modul tersebut tidak memaparkan ragam spesies tumbuhan dari butir pati yang didapatkan, tetapi prosedur ekstraksi yang dipaparkan di dalamnya dapat melengkapi informasi mengenai prosedur analisis butir pati di Indonesia.

**Tabel 1.** Hasil Penelitian Arkeobotani tentang Analisis Butir Pati

No	Peneliti, Tahun	Judul	Lokasi	Aplikasi
1	Muasomah (2011)	Kemungkinan Pemanfaatan Tumbuhan di Situs Kendenglembu, Kabupaten Banyuwangi, Provinsi Jawa Timur: Kajian Berdasar Analisis Residu	Situs Kendenglembu, Banyuwangi, Jawa Timur	Pemanfaatan tumbuhan melalui fragmen gerabah dan belung.
2	Alifah (2016)	Sumberdaya Tumbuhan dan Pemanfaatannya di Situs Gua Here Sorot Entapa dan Kuil Eu Lapa, Pulau Kisar Maluku: Berdasarkan Studi Arkeobotani	Situs Gua Here Sorot Entapa dan Kuil Eu Lapa, Kisar, Maluku	Pemanfaatan tumbuhan melalui sedimen dan fragmen gerabah.
3	Patridina (2018)	Sumber Daya Tumbuhan dan Pemanfaatannya di Situs Gua Makpan, Alor, Nusa Tenggara Timur (40.000-2.500 BP)	Situs Gua Makpan, Alor, Nusa Tenggara Timur	Pemanfaatan tumbuhan melalui sedimen dan artefak batu.
4	Lape et al. (2018)	<i>New Data from an Open Neolithic Site in Eastern Indonesia</i>	Situs Pulau Ay, Banda, Maluku	Pemanfaatan tumbuhan melalui fragmen gerabah.
5	Alifah et al. (2022)	Pemanfaatan Sumber Daya Alam Masa Prasejarah Berdasarkan Temuan Arkeologis Gua Arca, Pulau Kangean, Jawa Timur	Situs Gua Arca, Kangean, Jawa Timur	Pemanfaatan tumbuhan melalui fragmen alat tulang.



No	Peneliti, Tahun	Judul	Lokasi	Aplikasi
6	Fajari (2023)	Keanekaragaman Vegetasi dan Pemanfaatannya pada Masa Prasejarah di Situs Gua dan Ceruk Perbukitan Karst Kotabaru, Kalimantan Selatan	Situs Gua Batu, Gua Cililin 1, Gua Jauharlin 1, Kotabaru, Kalimantan Selatan	Pemanfaatan tumbuhan melalui fragmen gerabah dan artefak batu.
7	Nisa (2023)	Identifikasi Pemanfaatan Tanaman pada Batu Pipisan dan Gandik yang Ditemukan di Situs Liyangan melalui Analisis <i>Starch</i>	Situs Liyangan, Temanggung, Jawa Tengah	Pemanfaatan tumbuhan melalui batu pipisan dan gantik.
8	Puspitasari (2023)	Variasi Bahan Makanan Dua Individu Pendukung Situs Plawangan Berdasarkan Analisis <i>Starch</i> dan Fitolit Pada Kalkulus Gigi	Situs Plawangan, Rembang, Jawa Tengah	Pemanfaatan tumbuhan sebagai bahan pangan yang ditemukan pada kalkulus gigi.
9	Arrozain & Anggraeni (2024)	Modul Ekstraksi Ganda Butir Pati dan Fitolit dari Sedimen Arkeologi	Situs Palembang, Kalumpang, Sulawesi Barat	Ekstraksi butir pati dari sedimen.

### Prosedur Perolehan Butir Pati

Sebagai sisa tumbuhan yang berukuran mikro, butir pati hanya dapat diperoleh melalui serangkaian proses ekstraksi secara laboratoris. Butir pati diekstraksi dari matriks yang merupakan tempat deposisi sisa tumbuhan tersebut. Berdasarkan hasil studi pustaka diketahui bahwa butir pati dalam kajian arkeobotani di Indonesia diekstraksi dari tiga matriks, yaitu residu artefak, sedimen, dan kalkulus gigi.

#### ***Ekstraksi butir pati dari residu artefak***

Ekstraksi butir pati dari residu artefak merupakan tren yang banyak dilakukan dalam kajian arkeobotani di Indonesia. Sebanyak lima dari sembilan penelitian arkeobotani melakukan ekstraksi butir pati dari residu artefak secara tunggal, yakni Muasomah (2011), Lape et al. (2018), Alifah et al. (2022), Fajari (2023), dan Nisa (2023). Sementara itu, terdapat dua penelitian arkeobotani lain yang melakukan analisis butir pati secara ganda, baik dari residu artefak maupun sedimen, yaitu Alifah (2016) dan Patridina (2018).

Pengambilan residu butir pati dilakukan terhadap berbagai jenis artefak. Berdasarkan kajian kepustakaan diketahui bahwa ragam artefak yang dapat diambil residu butir patinya, antara lain fragmen gerabah, alat tulang, artefak batu, batu pipisan, dan gantik. Proses pengambilan residu butir pati artefak dilakukan pada bagian yang memiliki indikasi bekas pemakaian (*use-wear*). Proses tersebut dilakukan dengan mengacu protokol ekstraksi butir pati yang dipublikasikan oleh para pakar

arkeobotani. Setidaknya terdapat empat protokol yang sering diacu dalam beberapa penelitian ini, yakni Loy (1994), Piperno (2006), Fullagar et al. (2006), dan Field et al. (2016) dengan berbagai modifikasi. Keempat protokol tersebut secara ringkas diuraikan dalam **Tabel 2**.

**Tabel 2.** Protokol Ekstraksi Butir Pati dari Residu Artefak.

No	Tahapan	Protokol			
		(1) Loy (1994)	(2) Piperno (2006)	(3) Fullagar et al. (2006)	(4) Field et al. (2016)
1	Pra-ekstraksi	Pengamatan jejak pakai.	Pengamatan jejak pakai.	Pengamatan jejak pakai dan pembersihan debu di permukaan artefak.	-
2	Pengambilan residu	Menyemprotkan <i>aquades</i> *) pada permukaan artefak menggunakan pipet.	Menggosok permukaan artefak dengan <i>aquades</i> hingga air tersebut menjadi keruh.	Meneteskan dan menggosok permukaan dengan <i>aquades</i> hingga keruh.	Meneteskan <i>aquades</i> pada pori-pori permukaan artefak menggunakan pipet.
3	Pembersihan	-	Substrat direndam dengan <i>calgon</i> **) 5% v/v selama 3 jam.	Substrat di- <i>centrifuge</i> menggunakan <i>calgon</i> 5% v/v dengan kecepatan 3.000 rpm selama 8 menit.	Substrat di- <i>centrifuge</i> .
4	Pengembangan cairan berat ( <i>Heavy liquid flotation</i> )	-	Jika diperlukan, substrat dapat diimbangkan dengan cairan berat jenis 1,8 sg.	-	Substrat diimbangkan dengan cairan berat jenis 2,35 sg.
5	Pengawetan	-	Substrat diberi <i>ethanol</i> 50% v/v	-	-

**Catatan:** Protokol (1) digunakan oleh Alifah (2016), Alifah et al. (2022), dan Fajari (2023), protokol (2) digunakan oleh Muasomah (2011) dan Patridina (2018), protokol (3) digunakan oleh Nisa (2023), protokol (4) digunakan oleh Lape et al. (2018). \*) air suling; \*\*) nama dagang dari *Sodium Hexamethaphosphate* (Sumber: Alifah, 2016; Alifah et al., 2022; Fajari, 2023; Lape et al., 2018; Muasomah, 2011; Nisa, 2023; Patridina, 2018)

### **Ekstraksi butir pati dari sedimen**

Selain residu artefak, sejumlah penelitian arkeobotani juga melakukan ekstraksi butir pati dari sedimen. Terdapat tiga penelitian yang melakukan ekstraksi tersebut, yakni Alifah (2016), Patridina (2018), dan Arrozain & Anggraeni (2024). Ketiga penelitian tersebut melakukan proses ekstraksi ganda, yaitu menggabungkan ekstraksi butir pati dan fitolit dalam satu kali proses kerja. Hal ini memberikan



keuntungan dalam hal efisiensi waktu dan biaya analisis di laboratorium. Meskipun ketiga hasil penelitian tersebut menggunakan protokol ekstraksi ganda, bagian protokol yang berkaitan dengan ekstraksi butir pati tetap akan menjadi fokus dalam artikel ini.

Ekstraksi butir pati dari sedimen relatif lebih sederhana. Ekstraksi ini hanya memiliki empat tahapan umum, antara lain: (1) pembersihan lempung; (2) pembersihan karbonat; (3) penyaringan kotoran; dan (4) pengambangan menggunakan cairan berat. Penelitian Alifah (2016) dan Patridina (2018) menggunakan gabungan protokol Bowdery (1995) dan Piperno (2006) yang dimodifikasi. Sementara itu, Arrozain & Anggraeni (2024) menggunakan gabungan protokol C. J. Lentfer & Therin (2006) dan Santiago-Marrero & Pagán-Jiménez (2023). Adapun tahapan ekstraksi butir pati dari sedimen diuraikan secara ringkas dalam

**Tabel 3.**

**Tabel 3.** Protokol Ekstraksi Butir Pati dari Sedimen.

No	Tahapan	Protokol	
		(1) Modifikasi Bowdery (1995) dan Piperno (2006)	(2) Modifikasi C. J. Lentfer & Therin (2006) dan Santiago-Marrero & Pagán-Jiménez (2023)
1	Pembersihan lempung	Sedimen diberi larutan <i>calgon</i> 5% v/v sebanyak 100 mL. Sedimen diaduk dan diendapkan selama 6 jam. Proses ini dilakukan hingga air supernatan bening.	Sedimen diberi larutan <i>calgon</i> 5% v/v sebanyak 100 mL. Sedimen diaduk dan diendapkan selama 24 jam. Proses ini dilakukan hingga air supernatan bening.
2	Pembersihan karbonat	Sedimen diberi larutan <i>HCl</i> 15% v/v sebanyak 30 mL sambil dipanaskan dalam <i>waterbath</i> dengan temperatur konstan 40°C. Sedimen diaduk setiap 20 menit hingga air supernatan berubah menjadi hijau kekuningan.	-
3	Penyaringan kotoran dan mineral	-	Sedimen disaring menggunakan saringan 250 mikron.
4	Pengambangan cairan berat ( <i>Heavy liquid flotation</i> )	Sedimen diberi cairan berat <i>Sodium Polytungstate</i> dengan berat jenis 1,8 sg.	Sedimen diberi cairan berat <i>Sodium Polytungstate</i> dengan berat jenis 1,8 sg.
<b>Catatan:</b> Protokol (1) digunakan oleh Alifah (2016) dan Patridina (2018), protokol (2) digunakan oleh Arrozain & Anggraeni (2024).			

(Sumber: Alifah, 2016; Arrozain & Anggraeni, 2024; Patridina, 2018)

### **Ekstraksi butir pati dari kalkulus gigi**

Hasil penelitian Puspitasari (2023) terhadap rangka manusia dari Situs Plawangan, Rembang menunjukkan adanya residu butir pati yang melekat pada

kalkulus gigi rangka manusia tersebut. Sejauh ini, hasil penelitian tersebut merupakan satu-satunya penelitian arkeobotani di Indonesia yang berhasil mendapatkan butir pati dari material kalkulus gigi.

Prosedur ekstraksi butir pati dari kalkulus gigi relatif mirip dengan ekstraksi dari residu artefak. Prinsip utama ekstraksi butir pati yaitu pembersihan pengotor yang ada di sekitar butir pati berupa mineral-mineral penyusun kalkulus. Protokol ekstraksi yang digunakan oleh Puspitasari (2023) yaitu Protokol Henry & Piperno (2008) dengan modifikasi. Uraian protokol tersebut diuraikan dalam **Tabel 4**.

**Tabel 4.** Protokol Ekstraksi Butir Pati dari Kalkulus Gigi.

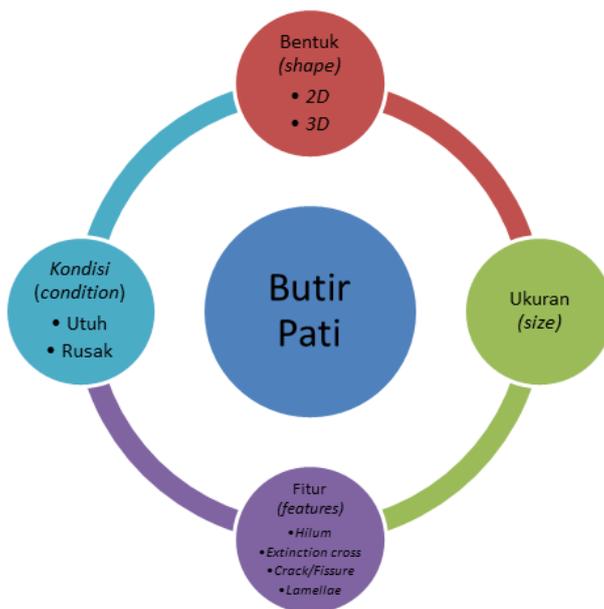
No	Tahapan	Protokol <i>Henry &amp; Piperno (2008)</i>
1	Pembersihan kotoran	Substrat kalkulus diberi <i>aquades</i> sebanyak 8 mL dalam <i>tube</i> 15 mL. Substrat di- <i>centrifuge</i> dengan kecepatan 3000 rpm selama 8 menit.
2	Pembersihan sisa lempung	Substrat kalkulus diberi larutan <i>calgon</i> 5% v/v sebanyak 8 mL. Substrat lantas di- <i>centrifuge</i> dengan kecepatan 3000 rpm selama 8 menit.
3	Pembersihan karbonat	Substrat kalkulus diberi larutan <i>HCl</i> 15% v/v sebanyak 30 mL dalam sebuah gelas <i>beaker</i> ukuran 120 mL. Substrat dipanaskan dalam <i>waterbath</i> dengan temperatur konstan 40°C. Substrat diaduk setiap 20 menit hingga bongkahan kalkulus berubah menjadi butiran halus dan air supernatan berubah menjadi hijau kekuningan.
4	Pembersihan sisa <i>HCl</i>	Substrat kalkulus diberi <i>aquades</i> sebanyak 8 mL dalam sebuah <i>tube</i> 15 mL. Substrat tersebut lantas di- <i>centrifuge</i> dengan kecepatan 3000 rpm dalam waktu 8 menit
5	Preparasi sampel	Substrat kalkulus diambil menggunakan pipet dan dipreparasi pada <i>slide</i> kaca.

(Sumber: Puspitasari, 2023)

### Identifikasi Butir Pati

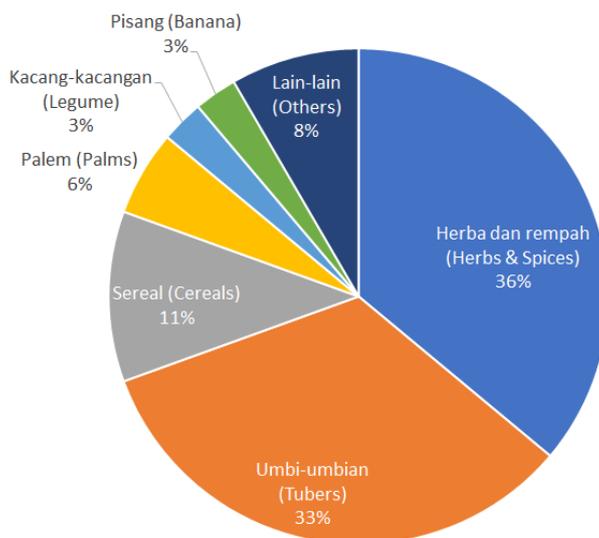
Secara umum, identifikasi taksonomi butir pati dapat dilakukan dengan mengamati kondisi dan ciri khas (*distinctive features*) yang ada pada permukaannya. Proses ini dilakukan dengan mengacu pada protokol *The International Code for Starch Nomenclature (ICSN)* (ICSN, 2011). Berdasarkan ICSN, terdapat empat aspek yang perlu diperhatikan dalam identifikasi butir pati, yaitu: bentuk, ukuran, fitur, dan kondisi (**Gambar 1**). Aspek bentuk (*shape*) berkaitan dengan morfologi butir pati. ICSN memaparkan adanya deskripsi bentuk butir pati secara 2D dan 3D. Aspek ukuran (*size*) dapat digunakan untuk membedakan taksonomi butir pati. Sementara itu, aspek fitur (*feature*) merupakan kondisi komponen butir pati, seperti titik *hilum*, *extinction cross*, *lamellae*, serta ada tidaknya patahan atau rekahan (*crack/fissure*) (ICSN, 2011). Terakhir, aspek kondisi yaitu sifat keutuhan butir pati, utuh atau rusak.





**Gambar 1.** Aspek-aspek Identifikasi Butir Pati. (Sumber: ICSN, 2011)

Penelitian-penelitian arkeobotani di Indonesia telah berhasil mengidentifikasi 36 jenis tumbuhan dari butir pati. Mayoritas jenis tumbuhan tersebut berupa tumbuhan herba dan rempah (*herbs and spices*) yang mencapai 36% (**Gambar 2**). Sementara itu, sekitar 33% dari total keseluruhan tumbuhan merupakan jenis tumbuhan umbi-umbian (*tubers*). Tumbuhan sereal (*cereals*) berjumlah 11% atau sekitar empat spesies. Tumbuhan jenis palem-paleman (*palms*) yang dapat diidentifikasi terbatas pada dua spesies atau sekitar 6%. Sisanya merupakan tumbuhan lain, seperti pisang, kacang hijau, karet, tumbuhan sepi udang, dan *arrowhead*.



**Gambar 2.** Keaneekaragaman Jenis Tumbuhan dari Identifikasi Butir Pati. (Sumber: Dziyaul Arrozzain, 2025)

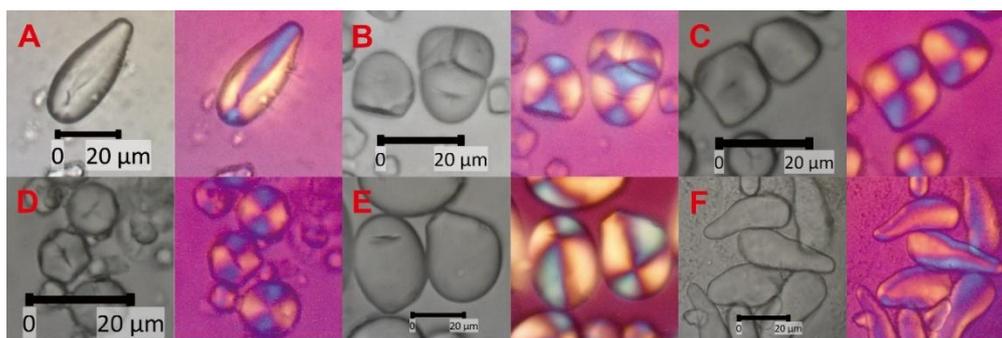
Keanekaragaman spesies tumbuhan yang berhasil diidentifikasi melalui butir pati dari situs-situs arkeologi di Indonesia, serta beberapa gambar butir pati diuraikan pada **Tabel 5** dan **Gambar 3**.

**Tabel 5.** Rekapitulasi Ragam Jenis Tumbuhan yang Berhasil Diidentifikasi melalui Butir Pati dari Situs-situs Arkeologi di Indonesia.

No	Jenis Tumbuhan	Penelitian							
		Muasomah (2011)	Alifah (2016)	Patridina (2018)	Lape et al. (2018)	Alifah et al. (2022)	Fajari (2023)	Nisa (2023)	Puspitasari (2024)
1	[A] Bawang merah ( <i>Allium cepa</i> )							✓	
2	Ginseng ( <i>Panax sp.</i> )							✓	
3	Jahe ( <i>Zingiber officinale</i> )							✓	
4	Kemiri ( <i>Aleurites moluccana</i> )							✓	
5	Kencur ( <i>Kaempferia galanga</i> )							✓	
6	Ketumbar ( <i>Coriandrum sativum</i> )							✓	
7	Kumis kucing ( <i>Orthosiphon aristatus</i> )							✓	
8	Kunyit ( <i>Curcuma longa</i> )							✓	
9	Lada ( <i>Piper nigrum</i> )							✓	
10	Lengkuas ( <i>Alpinia galanga</i> )							✓	
11	Pala ( <i>Myristica fragrans</i> )				✓				
12	Temu mangga ( <i>Curcuma mangga</i> )							✓	
13	Temulawak ( <i>Curcuma zanthorrhiza</i> )							✓	
14	[B] Birah ( <i>Alocasia sp.</i> )		✓	✓					
15	Daluga ( <i>Cyrtosperma merkusii</i> )			✓		✓	✓		
16	Gadung ( <i>Dioscorea hispida</i> )	✓							
17	Gadung-gadungan ( <i>Dioscorea sp.</i> )				✓				
18	Ganyong ( <i>Canna discolor</i> )	✓							
19	Garut ( <i>Maranta arundinacea</i> )	✓						✓	
20	Gembolo ( <i>Dioscorea bulbifera</i> )			✓					
21	Kimpul ( <i>Xanthosoma sagittifolium</i> )	✓						✓	
22	Porang ( <i>Amorphophallus muelleri</i> )	✓							
23	Talas ( <i>Colocasia esculenta</i> )			✓			✓		
24	Ubi jalar ( <i>Ipomoea batatas</i> )	✓							
25	Ubi kelapa ( <i>Dioscorea alata</i> )	✓		✓					
26	[C] Cantel ( <i>Sorghum bicolor</i> )	✓						✓	
27	Jagung ( <i>Zea mays</i> )							✓	
28	Jali ( <i>Coix lacryma-jobi</i> )	✓						✓	
29	<i>Triticeae</i>								✓
30	[D] Palembang ikan besar ( <i>Caryota rumphiana</i> )			✓					
31	Sagu ( <i>Metroxylon sagu</i> )		✓	✓	✓				
32	[E] Kacang hijau ( <i>Vigna radiata</i> )	✓							
33	[F] Pisang ( <i>Musa sp.</i> )						✓	✓	
34	[G] Arrowhead ( <i>Sagittaria sp.</i> )			✓					
35	Karet ( <i>Hevea brasiliensis</i> )	✓							
36	Sepit udang ( <i>Heliconia caribaea</i> )			✓					

**Catatan:** [A] Herbs and spices, [B] Tubers, [C] Cereals, [D] Palms, [E] Legume, [F] Banana, [G] Others (Sumber : Alifah, 2016; Alifah et al., 2022; Fajari, 2023; Lape et al., 2018; Muasomah, 2011; Nisa, 2023; Patridina, 2018; Puspitasari, 2023)





**Keterangan:** A Lengkuas (*Alpinia galanga*), B Talas (*Colocasia esculenta*), C Cantel (*Coix-lacryma jobi*)  
D Jawawut (*Setaria italica*), E Sagu (*Metroxylon sago*), F Pisang (*Musa sp.*)

**Gambar 3.** Sejumlah Butir Pati yang Sering Diperoleh dari Situs-situs Arkeologi di Indonesia.  
(Sumber: Dziyaul Arrozain, 2025)

Proses identifikasi butir pati dalam penelitian arkeobotani di Indonesia cenderung dilakukan secara kualitatif. Artinya, peneliti hanya melakukan pencocokan visual antara aspek-aspek butir pati yang ditemukan di situs arkeologi dengan sampel referensi butir pati dari tumbuhan segar. Oleh sebab itu, banyak penelitian arkeobotani membuat sampel referensi dari tumbuhan segar sebagai data pembanding mereka. Sebagai contoh, Fajari (2023) membuat sampel referensi butir pati berdasarkan etnobotani masyarakat Dayak. Sementara itu, Nisa (2023) membuat sampel referensi serupa yang mengacu pada etnobotani masyarakat Jawa saat ini.

Meski demikian, proses identifikasi butir pati yang dilakukan secara kualitatif tidak secara eksplisit memaparkan ciri khas (*distinctive feature*) butir pati dari setiap spesies tumbuhan. Padahal ciri khas tersebut menjadi kunci dalam proses identifikasi. Pemaparan butir pati secara visual komparatif terhadap sampel referensi masih dapat menghasilkan kerancuan. Sebagai contoh, Nisa (2023) memaparkan bahwa temu lawak (*Curcuma zanthorrhiza*) dan temu mangga (*Curcuma mangga*) memiliki bentuk butir pati yang sama, yakni oval hingga elips (Nisa, 2023). Namun, deskripsi mengenai fitur *hilum*, *extinction cross*, dan *lamellae* pada kedua butir pati tersebut tidak ada. Hal ini dapat menyebabkan bias dalam proses identifikasi.

Salah satu solusi yang dapat meminimalisasi bias identifikasi butir pati secara kualitatif, yakni kunci determinasi (*determination key*). Kunci determinasi ini mengadopsi model yang biasa digunakan dalam mengidentifikasi makhluk hidup, baik tumbuhan maupun hewan. Kunci determinasi butir pati secara kualitatif dapat disusun salah satunya dengan mengacu hasil penelitian Louderback et al. (2022). Setiap butir pati dideskripsikan secara detail mengenai keempat aspeknya, yaitu bentuk, ukuran,

fitur, dan kondisi. Hasil deskripsi tersebut kemudian dikelompokkan secara dikotomi (berlawanan). Tiap-tiap karakter aspek butir pati diberi nomor untuk dapat diacu lebih lanjut (Louderback et al., 2022) (**Gambar 4**). Melalui kunci determinasi ini, maka identifikasi butir pati secara kualitatif dapat lebih sistematis, serta menjawab kerancuan yang timbul akibat komparasi secara visual.

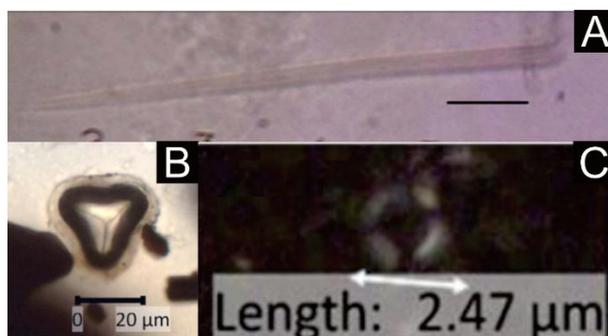
A.	Hilum clearly eccentric .....	B
AA.	Hilum centric or nearly so.....	C
B.	Granule shape circular/oval.....	Liliaceae
BB.	Granule shape elongated .....	Solanaceae
C.	Shape uniformly circular/oval .....	D
CC.	Shape 3, 4, or >4 sides or irregular, with sharp or slightly rounded corners .....	H
D.	Granule length of top 20% less than 5 $\mu$ m .....	Amaranthaceae
DD.	Granule length of top 20% greater than 7 $\mu$ m .....	E
E.	Extinction cross distinct .....	F
EE.	Extinction cross indistinct or confused .....	G
F.	Granule with round central cavity lacking pressure facets.....	Pinaceae
FF.	Granule lacking central cavity but with pressure facets .....	Apiaceae
G.	Granule with oblong central cavity and lamellae.....	Poaceae ( <i>Elymus elymoides</i> )
GG.	Granule lacking oblong central cavity and lamellae.....	H
H.	Granule triangular (3 sides) or trapezoidal (4 sides), slightly rounded corners .....	Fagaceae
HH.	Granule angular (>4 sides) or irregular .....	I (Poaceae)
I.	Granule length of top 20% > 10 $\mu$ m and/or with transverse/stellate fissures.....	<i>Zea mays</i>
II.	Granule length of top 20% < 10 $\mu$ m and lacking fissures .....	<i>Achnatherum hymenoides</i> , <i>Sporobolus airoides</i> , etc.

**Gambar 4.** Contoh Kunci Determinasi Butir Pati.  
(Sumber: Louderback et al., 2022)

Sementara itu, penelitian arkeobotani yang melakukan identifikasi butir pati secara kualitatif dan kuantitatif hanya dilakukan oleh Lape et al. (2018). Publikasi penelitian tersebut memaparkan bahwa identifikasi butir pati dilakukan secara kualitatif, melalui perbandingan antara butir pati dalam konteks arkeologi dengan sampel referensi butir pati dari tumbuhan segar. Selain itu, dilakukan pula analisis perbandingan kuantitatif berbasis *machine learning*, yaitu *cross-fold validation error* (CVE) dan *positive prediction value* (PPV) untuk meyakinkan hasil identifikasi yang kemudian disajikan dalam bentuk dendrogram dan *confussion matrix*. Sayangnya, hingga saat ini, model identifikasi yang digunakan oleh Lape et al. (2018) belum dicoba sama sekali oleh para peneliti arkeobotani di Indonesia.

Adapun selama proses identifikasi butir pati tidak jarang dijumpai adanya sisa tumbuhan mikro lain (**Gambar 5**). Sisa tersebut biasanya turut terangkat saat proses ekstraksi. Ekstraksi butir pati dari sedimen seringkali mendapatkan polen (Arrozain & Anggraeni, 2024). Meskipun jumlahnya sedikit, keberadaannya dapat membantu

interpretasi butir pati, salah satunya berupa interpretasi kondisi lingkungan. Lebih lanjut, penelitian Muasomah (2011) dan Alifah (2016) melaporkan adanya sisa tumbuhan mikro berupa *raphides*. Sementara itu, hasil penelitian Nisa (2023) menunjukkan adanya indikasi hifa (*hyphae*) dari mikroorganisme jamur (*fungi*).



Keterangan: A. *Raphide*, B. Polen, C. *Fungi*

**Gambar 5.** Temuan *Raphide*, Polen, dan *Fungi*.

(Sumber: Arrozain & Anggraeni, 2024 (B); Muasomah, 2011 (A); Nisa, 2023 (C))

### Interpretasi Butir Pati Dalam Konteks Situs Arkeologi

Identifikasi butir pati menghasilkan interpretasi mengenai kondisi lingkungan situs dan pemanfaatan sumber daya tumbuhan di masa lalu, khususnya bahan makanan (paleodiet). Interpretasi butir pati mengenai lingkungan hunian situs dihasilkan melalui ekstraksi sedimen. Hal ini berkaitan dengan tafonomi tumbuhan yang cenderung mati dan terdeposisi di lapisan tanah, sehingga sisa tumbuhan mikro mengalami deposisi pada lapisan tersebut (Torrence & Barton, 2006). Penelitian Patridina (2018) menjadi satu-satunya rekonstruksi lingkungan situs melalui butir pati. Penelitian ini memaparkan bahwa lingkungan Situs Gua Makpan pada masa 40.000 BP berupa lingkungan padang rumput yang ditumbuhi oleh sejumlah tumbuhan umbi-umbian (*D. alata* dan *D. bulbifera*) dan herba lokal (*Sagittaria sp.* dan *H. caribaea*). Namun demikian, hasil interpretasi lingkungan situs tersebut sering dikolaborasikan dengan sisa tumbuhan mikro lain, seperti fitolit atau polen. Hal ini disebabkan oleh keberadaan butir pati yang sangat terbatas dan tidak melimpah.

Di sisi lain, interpretasi butir pati sebagai proksi pemanfaatan tumbuhan untuk paleodiet dihasilkan melalui residu artefak dan kalkulus gigi. Ragam tumbuhan pangan yang diidentifikasi dari hasil-hasil penelitian butir pati menunjukkan tren paleodiet secara diakronik. Berdasarkan **Tabel 6** diketahui bahwa paleodiet manusia pendukung situs masa pra-Neolitik cenderung berupa umbi-umbian asli (*native*), seperti daluga (*C. merkusii*), birah (*Alocasia sp.*), dan talas (*C. esculenta*) (Alifah et

al., 2022; Patridina, 2018). Tumbuhan pangan lain yang juga dikonsumsi pada masa ini berupa sagu (Alifah, 2016). Kondisi tersebut berlanjut pada masa awal Neolitik hingga Paleometalik. Umbi-umbian lokal masih menjadi tumbuhan pangan, selain munculnya tumbuhan herba dan sereal, seperti pala dan *Triticeae(?)*. Menurut Puspitasari (2023), keberadaan butir pati diduga *Triticeae(?)* di Situs Plawangan dapat memberikan indikasi adanya pertukaran komoditas pangan pada Awal Masehi.

**Tabel 6.** Konsumsi Tumbuhan Pangan di Situs-Situs Arkeologi Secara Diakronik.

Pertanggalan	Situs	Tumbuhan Pangan
20.000 BP	Gua Makpan	Daluga
10.000 BP	Gua Makpan	Daluga, birah
6000 BP	Gua Arca	Daluga
6065-5650 cal-BP	Gua Batu	Daluga, talas
4500 BP	Gua Here Sorot Entapa	Sagu
3500-3000 BP	Pulau Ay	Pala
2500 BP	Gua Makpan	Birah, talas, daluga, gembolo
2000 BP (awal masehi)	Plawangan	<i>Triticeae(?)</i>
1720-1560 BP	Gua Cililin 1	Daluga
1332 BP	Kendenglembu	Ubi jalar, garut, gadung, ganyong, kacang hijau, cantel
1300-1000 BP (abad VII-X M)	Liyangan	Jali, kemiri, ketumbar, lengkuas, kunyit, kumis kucing, pisang, cantel, ganyong, garut, kimpul, bawang
512 BP	Kendenglembu	Garut, sorgum, kacang hijau, ubi jalar, porang

(Sumber : Alifah, 2016; Alifah et al., 2022; Fajari, 2023; Lape et al., 2018; Muasomah, 2011; Nisa, 2023; Patridina, 2018; Puspitasari, 2023)

Tumbuhan pangan yang dikonsumsi pada periode masehi sangat beragam. Hal ini terlihat di situs-situs arkeologi yang tidak hanya mendapatkan sisa tumbuhan asli, melainkan juga tumbuhan non-asli (*introduced*). Keberagaman ini muncul seiring dengan pesatnya koneksi antar wilayah, sehingga pertukaran komoditas, termasuk tumbuhan pangan, berlangsung secara signifikan. Keanekaragaman tumbuhan pangan pada masa ini dapat dilihat dari temuan butir pati dari Situs Kendenglembu. Situs tersebut memiliki pertanggalan yang berkelindan antara Neolitik dan Klasik menunjukkan keberadaan tumbuhan cantel (*S. bicolor*), kacang hijau (*V. radiata*), ubi jalar (*I. batatas*), garut (*M. arundinaceae*), gadung (*D. hispida*), ganyong (*C. discolor*), dan porang (*A. muelleri*) (Muasomah, 2011). Lebih lanjut, pada masa Klasik sekitar abad ke-7-10 Masehi, masyarakat Jawa Kuno mengonsumsi beragam tumbuhan herba. Tumbuhan tersebut lazim digunakan sebagai rempah masakan dan pengobatan, antara lain kemiri (*A. moluccana*), ketumbar (*C. sativum*), kunyit (*C.*



*longa*), kumis kucing (*O. aristatus*), lengkuas (*A. galanga*), dan bawang (*A. cepa*) (Nisa, 2023).

Berdasarkan uraian di atas, butir pati menjadi salah satu data analisis arkeobotani yang tergolong mencukupi dalam merekonstruksi lingkungan dan pemanfaatan tumbuhan pangan di masa lalu. Namun demikian, interpretasi butir pati tersebut masih menyisakan beberapa kekurangan. Pertama adalah jumlah perolehan butir pati yang sangat sedikit. Perolehan butir pati dari sampel artefak dan sedimen rata-rata kurang dari 10 di setiap sampelnya. Hal ini mengakibatkan interpretasi yang dihasilkan kurang meyakinkan, khususnya yang berkaitan dengan kondisi lingkungan. Kelimpahan (*abundance*) dari temuan butir pati menjadi justifikasi penting untuk meyakinkan karakter khas suatu lingkungan (lihat: Torrence & Barton, 2006). Namun demikian, permasalahan tersebut dapat dipahami mengingat butir pati sangat rentan terhadap kerusakan, baik yang disebabkan oleh faktor teknis, seperti temperatur maupun faktor biologis berupa dekomposisi oleh organisme pengurai (Henry, 2014).

Kedua adalah interpretasi butir pati yang seringkali dipengaruhi kurangnya kontrol kontaminasi. Selama proses penanganan temuan dari ekskavasi hingga analisis di laboratorium tidak menutup kemungkinan adanya kontaminasi. Penelitian Henry (2010), menunjukkan bahwa penyimpanan artefak di gudang dalam waktu lama juga menyebabkan kontaminasi *post-depositional* melalui kantong plastik artefak. Kondisi ini tampak jelas pada penelitian Nisa (2023). Batu pipisan dan gandik koleksi gudang Situs Liyangan tampak kurang terawat dan diletakkan di permukaan lantai. Hal ini menyebabkan potensi kontaminasinya besar. Oleh sebab itu, kontaminasi perlu diantisipasi melalui pembuatan sampel kontrol berbasis eksperimental untuk mengetahui apa saja sisa tumbuhan mikro kontaminannya, sehingga identifikasi butir pati dapat terkontrol dan menghasilkan interpretasi yang meyakinkan.

## **Diskusi**

Selama hampir dua dekade, penelitian arkeobotani yang menganalisis butir pati di Indonesia telah berkembang cukup signifikan. Meskipun secara kuantitas penelitian tersebut tidak banyak ( $n=9$ ), tetapi hasil yang diperoleh sangat komprehensif. Metodologi analisis butir pati di Indonesia tidak kaku dengan hanya menerapkan protokol tunggal. Banyak penelitian yang mengeksplorasi protokol-protokol ekstraksi butir pati baru agar memperoleh hasil yang maksimal. Kondisi ini berbanding terbalik dengan analisis tumbuhan mikro lain. Salah satunya adalah

metode analisis fitolit yang hingga saat ini cenderung stagnan dengan mengacu protokol ekstraksi Bowdery (1995) dan Piperno (2006). Oleh sebab itu, keragaman metodologi dalam analisis butir pati memberikan sumbangsih penting dalam perkembangan kajian arkeobotani di Indonesia.

Hasil identifikasi dan interpretasi butir pati melengkapi limitasi dari analisis data arkeobotani lain yang telah banyak dilakukan di Indonesia. Butir pati sukses menginterpretasikan secara detail jenis-jenis tumbuhan pangan yang merupakan paleodiet. Hal ini membantu rekonstruksi pola subsistensi manusia di masa lalu. Sebagai contoh, tren konsumsi umbi-umbian pada masa pra-Neolitik mendukung perilaku subsistensi manusia pada masa itu yang merupakan pemburu dan peramu (Soejono & Leirissa, 2008). Selain itu, keberadaan tumbuhan non-asli dari situs pertanggalan abad masehi juga menunjukkan adanya perilaku subsistensi yang kompleks melalui pertanian dan pertukaran. Hasil interpretasi tersebut cenderung tidak banyak dihasilkan dari data arkeobotani lainnya, khususnya yang bersifat mikro. Oleh sebab itu, kedudukan analisis butir pati tidak dapat dipandang sebelah mata dalam kajian arkeobotani.



**Gambar 6.** Diagram Fase Perkembangan Analisis Butir Pati di Indonesia.  
(Sumber: Dziyaul Arrozain, 2025)

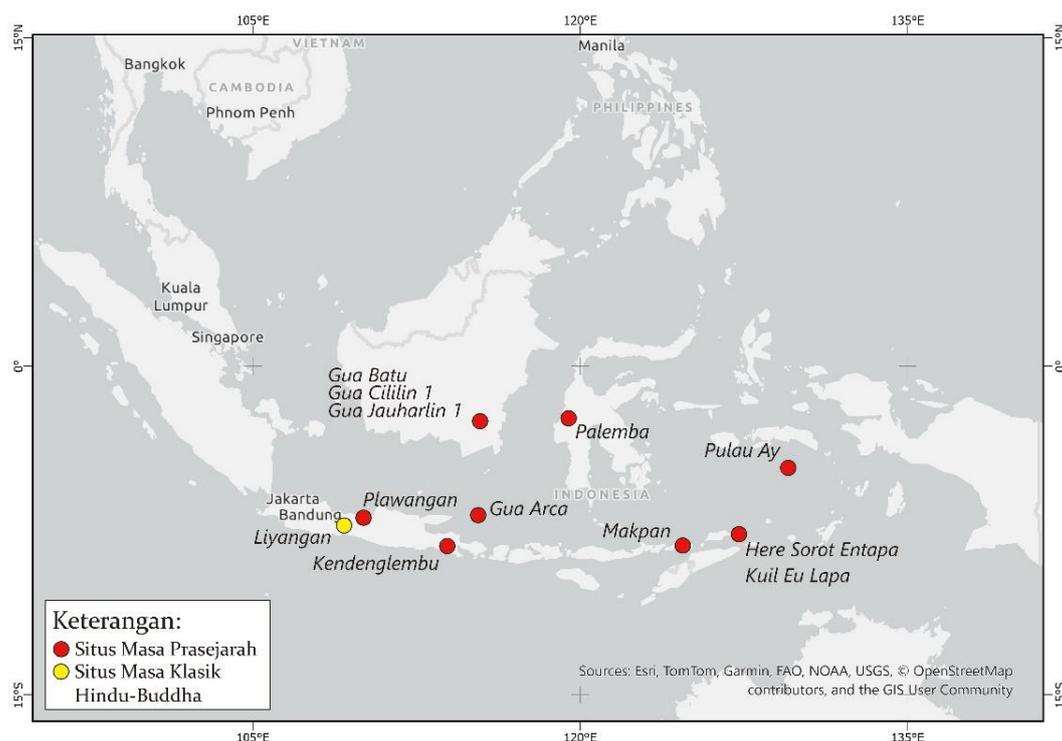
Keberhasilan analisis butir pati di Indonesia tidak lepas dari tren perkembangan keilmuannya yang signifikan dalam dua dekade terakhir (**Gambar 6**). Pada fase awal

yang terjadi kisaran tahun 2011-2018, analisis butir pati berfokus pada pengembangan metode. Penelitian analisis butir pati mengadopsi berbagai metode yang dianggap tepat dan efektif dalam proses ekstraksi dan interpretasinya. Analisis butir pati dari sedimen menghasilkan acuan protokol yang efektif dari Bowdery (1995) dan Piperno (2006), sedangkan analisis butir pati dari residu mengikuti acuan dari Loy (1994), Piperno (2006), dan Field et al. (2016). Semua metode protokol tersebut diaplikasikan untuk merekonstruksi lingkungan dan subsistensi manusia pendukung situs-situs Masa Prasejarah, seperti Situs Kendenglembu, Banyuwangi; Situs Here Sorot Entapa dan Kuil Eu Lapa, Kisar; Situs Gua Makpan, Alor; dan Situs Pulau Ay, Banda (**Gambar 7**).

Hasil identifikasi taksonomi tumbuhan yang diperoleh selama fase perkembangan metode ini mayoritas berupa tumbuhan umbi-umbian. Umbi-umbian merupakan jenis tumbuhan yang banyak dicari jejaknya melalui analisis butir pati dalam beberapa penelitian arkeobotani awal (Torrence & Barton, 2006). Tumbuhan palem dan kacang-kacangan juga menjadi jenis tumbuhan yang cukup dikenal selama fase ini. Adapun tumbuhan biji-bijian (*cereal*) yang berhasil diidentifikasi taksonominya yaitu cantel dan jali (Muasomah, 2011).

Namun demikian, pengetahuan mengenai adanya gangguan sisa tumbuhan non-butir pati pada fase ini masih terbatas. Kalsium oksalat (*raphides*) merupakan satu-satunya unsur pengganggu yang telah dikenal cukup baik. Hal ini dibuktikan dari hasil analisis Muasomah (2011) dan Alifah (2016). Lebih lanjut, beberapa fitolit juga terdapat pada sampel residu beliang persegi yang diperoleh dari Situs Kendenglembu (Muasomah, 2011). Meskipun dalam jumlah yang sedikit, tetapi keberadaannya dalam sampel residu dapat mengganggu proses identifikasi butir pati.

Tren analisis butir pati mengalami perubahan saat fase diversifikasi kajian yang berlangsung sejak tahun 2022 hingga saat ini. Perubahan tersebut dititikberatkan pada aplikasi kajian dengan menerapkan metode yang telah dibakukan pada fase sebelumnya. Kajian butir pati dalam fase ini masih tetap sama dengan fase pengembangan metode, yaitu rekonstruksi lingkungan dan subsistensi. Namun, aplikasi dari kajian tersebut mengalami perkembangan lebih lanjut. Hal ini tampak dari analisis butir pati pada situs-situs arkeologi baru seperti situs-situs Pegunungan Meratus (Fajari, 2023), Gua Arca, Kangean (Alifah et al., 2022), dan Palembang, Sulawesi Barat (Arrozain & Anggraeni, 2024) (**Gambar 7**).



**Gambar 7.** Sebaran Analisis Butir Pati di Situs-Situs Arkeologi di Indonesia.  
(Sumber: Dziyaul Arrozain, 2025)

Diversifikasi kajian butir pati juga tampak dalam hal interpretasi subsistensi manusia masa lalu. Penelusuran sisa-sisa makanan yang terdeposisi pada kalkulus gigi memberikan pandangan baru untuk menginterpretasikan paleodiet. Hal ini telah dilakukan oleh Puspitasari (2023) terhadap temuan rangka Situs Plawangan, Rembang. Di satu sisi, penelitian *pilot project* tersebut memberikan sumbangsih metode ekstraksi butir pati baru yang selama ini belum pernah diaplikasikan pada fase pengembangan metode. Di sisi lain, interpretasi subsistensi manusia masa lalu juga diperluas cakupannya pada situs arkeologi masa Klasik. Penelitian Nisa (2023) membuka peluang baru untuk merekonstruksi paleodiet masyarakat Jawa Kuno yang selama ini umumnya masih diinterpretasikan melalui data prasasti dan relief.

Konsekuensi dari semakin meluasnya cakupan kajian butir pati tampak semakin beragamnya identifikasi taksonomi tumbuhan yang dihasilkan. Pengetahuan mengenai tumbuhan pangan tidak lagi sekadar umbi-umbian, melainkan juga tumbuhan herba dan rempah, biji-bijian, dan pisang-pisangan (Fajari, 2023; Nisa, 2023; Puspitasari, 2023). Selain itu, fase diversifikasi kajian ini juga menghasilkan pengetahuan baru mengenai gangguan sisa tumbuhan non-butir pati yang lebih kompleks, seperti polen dan *fungi* (Arrozain & Anggraeni, 2024). Oleh sebab itu, hasil interpretasi butir pati pada fase ini disajikan lebih komprehensif.



Perkembangan analisis butir pati yang telah berlangsung di Indonesia dianggap masih memiliki keterbatasan untuk dapat dikembangkan lebih lanjut di masa yang akan datang. Cakupan wilayah studi analisis butir pati relatif terpusat di kawasan Indonesia bagian tengah. Padahal, wilayah-wilayah lainnya juga memiliki potensi besar dalam hal pemanfaatan tumbuhan lokal di masa lalu. Misalnya saja kawasan Indonesia bagian timur seperti Papua. Hingga saat ini, penelitian butir pati dari wilayah Papua belum dilakukan. Padahal, penelitian serupa di Papua Nugini telah berhasil mengungkapkan aktivitas bercocok tanam awal pada 7000 tahun yang lalu (Denham et al., 2003). Analisis butir pati belum pernah sama sekali dilakukan di situs-situs arkeologi wilayah tersebut, sehingga menyisakan kesenjangan dalam menarasikan pemanfaatan sumber daya tumbuhan lokal di Indonesia secara menyeluruh.

Lebih lanjut lagi, analisis butir pati juga masih cenderung terbatas dilakukan di situs-situs masa Prasejarah. Padahal, penelitian Nisa (2023) telah membuktikan secara meyakinkan adanya sisa tumbuhan yang digunakan oleh masyarakat Jawa Kuno. Hal ini menunjukkan bahwa peluang analisis butir pati pada masa Klasik sangat menjanjikan. Keberadaan sumber tertulis dari prasasti dan naskah dapat membantu interpretasi aktivitas pemanfaatan tumbuhan di masa lalu. Selain itu, ragam tumbuhan yang terpahat pada relief juga dapat membantu interpretasi butir pati dari matriks sedimen dalam hal rekonstruksi lingkungan di sekitar situs arkeologi.

Analisis butir pati tidak dapat berjalan lancar tanpa adanya sampel referensi dari berbagai tumbuhan. Namun, *database* sampel referensi butir pati dari tumbuhan-tumbuhan di Indonesia yang lengkap dan terbuka (*open-access*) belum tersedia. Hal ini dapat dianggap sebagai salah satu hambatan dalam mengembangkan kajian butir pati. Sejumlah kajian sisa tumbuhan lainnya, seperti fitolit (ArcheoScience, 2011) dan polen (The Australasian Pollen and Spore Atlas, 2007), telah memiliki *database* sampel referensi yang dapat diakses oleh siapa pun, sehingga memicu para peneliti baru untuk turut melakukan analisis dengan memanfaatkan *database* tersebut. Ketersediaan *database* butir pati bisa jadi memberikan *trickle-down effect* berupa munculnya penelitian-penelitian butir pati baru di Indonesia. Pada akhirnya, hal tersebut dapat menimbulkan dampak positif pada pengembangan pengetahuan arkeobotani yang semakin kaya dan interpretasi narasi hubungan manusia dan tumbuhan yang semakin komprehensif.

## KESIMPULAN

Butir pati merupakan salah satu sisa tumbuhan mikro yang memiliki signifikansi besar dalam kajian arkeobotani di Indonesia. Selama dua dekade, perkembangan analisis butir pati relatif pesat. Melalui eksplorasi metodologi yang beragam dan variasi taksonomi tumbuhan yang dihasilkan, analisis butir pati dapat dianggap berhasil menginterpretasikan relasi manusia dan tumbuhan di masa lalu. Hal tersebut menjadi standar minimal yang harus dicapai dalam analisis butir pati di masa yang akan datang.

Namun demikian, analisis butir pati menyisakan keterbatasan dari dua fase perkembangannya dalam kajian arkeobotani di Indonesia. Keterbatasan wilayah kajian, dominasi situs dengan kecenderungan periodisasi tertentu, dan *database* sampel referensi butir pati menjadi masalah utama yang perlu menjadi prioritas untuk segera diselesaikan oleh para peneliti arkeobotani di Indonesia. Kolaborasi dengan bidang ilmu lainnya sudah selayaknya dilakukan agar analisis butir pati menghasilkan terobosan kajian keilmuan baru yang melampaui limitasi saat ini. Dengan demikian, tidak menutup kemungkinan analisis butir pati dapat menjadi salah satu unggulan dalam kajian arkeobotani di masa yang akan datang.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Artikel ini merupakan pengembangan dari kajian literatur tugas akhir penulis pada Program Studi S-2 Arkeologi, Departemen Arkeologi FIB UGM. Ucapan terima kasih disampaikan kepada Prof. Dr. Anggraeni, M.A. selaku dosen pembimbing tesis. Terima kasih kepada Ketua Departemen Arkeologi FIB UGM, Dr. Mahirta, M.A. atas izin penggunaan laboratorium. Kolega penggiat kajian arkeobotani, Alifah, S.S., M.A., Nia Marniati E. Fajari, S.S., M.A., dan Adi Dian Setiawan, S.S., atas diskusi-diskusi hangat mengenai mikrofosil tumbuhan. Abednego Andhana Prakosajaya, S.Hum., S.Ark., M.A. atas kesediaannya untuk membaca dan memberikan komentar pada *draft* awal artikel ini. Terakhir, kepada dua *reviewer* anonim atas masukan-masukannya yang konstruktif.

## DAFTAR PUSTAKA

Alifah. (2016). *Sumberdaya Tumbuhan dan Pemanfaatannya di Situs Gua Here Sorot Entapa dan Kuil Eu Lapa, Pulau Kisar Maluku: Berdasarkan Studi Arkeobotani* [MA Thesis]. Universitas Gadja Mada.



- Alifah, A. (2017). Pemanfaatan analisis phytolith dan starch dalam studi arkeologi lingkungan. *KALPATARU*, 26 No. 2, 137–146. <https://doi.org/10.24832/kpt.v26i2.308>
- Alifah, A., Widiyanto, H., Arrozain, M. D. F., Purnamasari, R., Suniarti, Y., & Ansory, M. (2022). Utilization of natural resources in prehistoric times based on archaeological findings in Gua Arca, Kangean Island, East Java. *Berkala Arkeologi*, 42(1), 1–16. <https://doi.org/10.30883/JBA.V42I2.955>
- Amara, Y. L., Hidayah, A. R., Alifah, Zahro, F., & Ariyanto, A. P. (2023). Indonesian Archaeobotanic Research Development. *KALPATARU*, 32(1), 27–46.
- ArcheoScience. (2011). *PhytCore* DB. <https://www.phytcore.org/phytolith/index.php?rdm=ywq6NdCdyk&action=profile>.
- Arrozain, M. D. F., & Anggraeni. (2024). *Modul Protokol Ekstraksi Ganda Butir Pati & Fitolit dari Sedimen Arkeologi*. Departemen Arkeologi Fakultas Ilmu Budaya UGM.
- Bowdery, D. (1995). *Phytolith Analysis Applied to Archaeological Sites in the Australian Arid Zone* [PhD Thesis]. The Australian National University.
- 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* [Master Thesis]. Gadjah Mada University.
- Field, J. H., Kealhofer, L., Cosgrove, R., & Coster, A. C. F. (2016). Human-environment dynamics during the Holocene in the Australian Wet Tropics of NE Queensland: A starch and phytolith study. *Journal of Anthropological Archaeology*, 44, 216–234. <https://doi.org/10.1016/J.JAA.2016.07.007>
- Fullagar, R., Field, J., Denham, T., & Lentfer, C. (2006). Early and mid Holocene tool-use and processing of taro (*Colocasia esculenta*), yam (*Dioscorea* sp.) and other plants at Kuk Swamp in the highlands of Papua New Guinea. *Journal of Archaeological Science*, 33(5), 595–614. <https://doi.org/10.1016/J.JAS.2005.07.020>
- Fuller, D. Q., Castillo, C., & Kingwell-banham, E. (2019). *Rice: A user guide for archaeologists 2019*. Institute of Archaeology, University College London.
- Henry, A. G. (2010). *Plant foods and the dietary ecology of Neanderthals and modern humans* [PhD Thesis]. The George Washington University.
- Henry, A. G. (2014). Formation and Taphonomic Processes Affecting Starch Granules. In J. M. Marston, J. D. Guedes, & C. Warinner (Eds.), *Method and Theory in Paleoethnobotany* (pp. 35–50). University Press of Colorado.
- Henry, A. G., & Piperno, D. R. (2008). Using plant microfossils from dental calculus to recover human diet: a case study from Tell al-Raqā'i, Syria. *Journal of Archaeological Science*, 35(7), 1943–1950. <https://doi.org/10.1016/J.JAS.2007.12.005>
- ICSN. (2011). *The International Code for Starch Nomenclature*. <http://fossilfarm.org/ICSN/Code.html>
- Lancelotti, C., & Madella, M. (2023). Archaeobotany. In A. M. Pollard, R. A. Armitage, & C. A. Makarewicz (Eds.), *Handbook of Archaeological Sciences* (2nd ed., Vol.

- 2, pp. 701–714). John Wiley & Sons Ltd. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/9781119592112.ch35>
- Lape, P., Peterson, E., Tanudirjo, D. A., Shiung, C.-C., Lee, G.-A., Field, J., & Coster, A. (2018). New Data from an Open Neolithic Site in Eastern Indonesia. *Asian Perspectives*, 57(2), 222–243. <https://www.jstor.org/stable/26775158>
- Lentfer, C. (2009). Building a comparative starch reference collection for Indonesia and its application to palaeoenvironmental and archaeological research. In M. Haslam, G. Robertson, A. Crowther, S. Nugent, & L. Kirkwood (Eds.), *Terra Australis 30: Archaeological Science Under a Microscope: Studies in Residue and Ancient DNA Analysis in Honour of Thomas H. Loy* (pp. 80–101). ANU Press. <https://doi.org/10.22459/ta30.07.2009.07>
- Lentfer, C. J., & Therin, M. (2006). A protocol for extraction of starch from sediments. In R. Torrence & H. Barton (Eds.), *Ancient Starch Research* (pp. 159–161). Left Coast Press.
- Louderback, L. A., Wilks, S., Herzog, N. M., Brown, G. H., Joyce, K., & Pavlik, B. M. (2022). Morphometric Identification of Starch Granules From Archaeological Contexts: Diagnostic Characteristics of Seven Major North American Plant Families. *Frontiers in Earth Science*, 10, 1224. <https://doi.org/10.3389/FEART.2022.897183/BIBTEX>
- Loy, T. H. (1994). Methods in the analysis of starch residues on prehistoric stone tools. In J. G. Heater (Ed.), *Tropical Archaeobotany applications and new developments* (pp. 78–106). Routledge.
- Muasomah. (2011). *Kemungkinan Pemanfaatan Tumbuhan di Situs Kendenglembu, Kabupaten Banyuwangi, Provinsi Jawa Timur: Kajian Berdasarkan Analisis Residu* [Skripsi Sarjana]. Universitas Gadjah Mada.
- Nisa, R. K. (2023). *Identifikasi Pemanfaatan Tanaman pada Batu Pipisan dan Gandik yang ditemukan di Situs Liyangan melalui Analisis Starch* [Skripsi Sarjana]. Universitas Gadjah Mada.
- Patridina, E. P. B. G. G. (2018). *Sumberdaya Tumbuhan dan Pemanfaatannya di Situs Gua Makpan, Alor, Nusa Tenggara Timur (40.000-2.500 BP)* [Tesis]. Universitas Gadjah Mada.
- Pearsall, D. M. (2018). *Case Studies in Paleoethnobotany: Understanding Ancient Lifeways through the Study of Phytoliths, Starch, Macroremains, and Pollen* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/https://doi.org/10.4324/9781351009683>
- Pérez, S., Baldwin, P. M., & Gallant, D. J. (2009). Structural Features of Starch Granules I. In J. N. BeMiller & R. I. Whistler (Eds.), *Starch: Chemistry and Technology* (3rd ed., pp. 149–192). Academic Press.
- Pérez, S., & Bertoft, E. (2010). The molecular structures of starch components and their contribution to the architecture of starch granules: A comprehensive review. *Starch - Stärke*, 62(8), 389–420. <https://doi.org/10.1002/STAR.201000013>
- Piperno, D. R. (2006). *Phytoliths: A comprehensive guide for archaeologists and paleoecologists*. Altamira Press.
- Pratama, A. W. (2020). Perkembangan Analisis Fitolit dan Perkembangannya dalam Arkeologi di Indonesia. *Forum Arkeologi*, 33(2), 77–88.
- Preiss, J. (2018). Plant Starch Synthesis. In M. Sjö & L. Nilsson (Eds.), *Starch in Food: Structure, Function and Applications* (2nd ed., pp. 3–95). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100868-3.00001-9>



- Puspitasari, I. (2023). *Variasi Bahan Makanan Dua Individu Pendukung Situs Plawangan Berdasarkan Analisis Starch dan Fitolit pada Kalkulus Gigi* [Skripsi]. Gadjah Mada University.
- Santiago-Marrero, C. G., & Pagán-Jiménez, J. R. (2023). *Protocol for the double extraction of starch grains and phytoliths from sediments, V.1* (V.1). <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.17504/protocols.io.5jyl8jdq8g2w/v1>
- Soejono, R. P., & Leirissa, R. Z. (Eds.). (2008). *Sejarah Nasional Indonesia I* (Edisi Pemu). Balai Pustaka.
- The Australasian Pollen and Spore Atlas. (2007). *The Australasian Pollen and Spore Atlas*. <https://Apsa.Anu.Edu.Au/>.
- Torrence, R., & Barton, H. (Eds.). (2006). *Ancient Starch Research*. Routledge.
- Zahro, F., Alifah, Ati Rati Hidayah, Ariyanto, A. P., & Amara, Y. L. (2023). Penggunaan Phytolith dalam Penelitian Arkeologi di Indonesia. *WALENNAE*, 21(2), 99–118.