

KARAKTERISTIK FITOLIT GABAH PADA PADI LOKAL DI SEKITAR KAWASAN PERCANDIAN MUARO JAMBI***Phytolith Characteristics of Paddy Grains from Local Rice Around the Muaro Jambi Temple Compound*****Rofi Surya Aryanto^{1*}, Mahirta², Eko Yulianto³, M Dziyaul F. Arrozain⁴**¹Program Studi Magister Arkeologi, Fakultas Ilmu Budaya, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta²Departemen Arkeologi, Fakultas Ilmu Budaya, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta³Pusat Riset Kebencanaan Geologi, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Bandung⁴Ikatan Ahli Arkeologi Indonesia, Komisariat Daerah Istimewa Yogyakarta

*Email: rofisuryaaryanto1996@mail.ugm.ac.id

Abstract

Phytoliths are microscopic silica deposits that form in plant tissue and have specific shapes depending on the species and parts of the plant, one of which is rice plants. This research aims to describe the morphology of grain phytoliths from rice plants (*Oryza sativa*) cultivated by the community around KCBN Muaro Jambi Temple Compound, Jambi Province. Rice grain samples were obtained through interview methods and observations of agricultural activities. Data analysis includes the process of observing grain characteristics, extraction using the LOI (Loss on ignition) method, phytolith observation using a Polaris microscope with 400x magnification, then documentation and measurement of phytolith findings. Data processing by looking at the average of each variable measured from phytoliths using a histogram graph. Phytolith characteristics were assessed based on the middle width of the double-peaked phytoliths, and the results showed that Jarum Mas rice had the greatest middle width, whereas Bujang Marinai rice had the smallest.

Keywords: *Double-Peaked; Muaro Jambi Temple Compound; Phytolith***Abstrak**

Fitolit merupakan endapan silika mikroskopis yang terbentuk di dalam jaringan tanaman dan memiliki bentuk spesifik tergantung pada spesies serta bagian tubuh tanaman, salah satunya tanaman padi. Penelitian ini bertujuan untuk melihat karakteristik fitolit *double-peaked* dari bagian gabah padi (*Oryza sativa*) yang dibudidaya oleh masyarakat sekitar KCBN Percandian Muaro Jambi, Provinsi Jambi. Sampel gabah padi diperoleh melalui metode wawancara dan pengamatan aktivitas pertanian. Analisis data meliputi proses pengamatan karakteristik gabah, ekstraksi menggunakan metode LOI (*Loss on Ignition*), pengamatan fitolit dengan menggunakan mikroskop Polaris dengan perbesaran 400x, berikutnya dokumentasi dan pengukuran temuan fitolit. Pengolahan data dengan melihat rata-rata setiap variabel yang diukur dari fitolit menggunakan grafik histogram. Karakteristik fitolit dinilai berdasarkan ukuran lebar tengah fitolit *double-peaked*, dan hasil penelitian menunjukkan bahwa Padi Jarum Mas memiliki ukuran lebar tengah terbesar, sedangkan Padi Bujang Marinai memiliki ukuran lebar tengah terkecil.

Kata Kunci: *Double-Peaked; Fitolit; KCBN Percandian Muaro Jambi*

PENDAHULUAN

Fitolit merupakan material silika yang terbentuk di dalam sel dan jaringan tumbuhan. Fitolit bersifat resisten serta dapat bertahan lama dalam endapan sedimen, sehingga menjadi bukti mikro-ekofak dalam penelitian arkeologi (Piperno, 2006). Dalam perkembangannya, keberadaan fitolit dimanfaatkan untuk rekonstruksi lingkungan (Shillito, 2018), awal kontak budaya masa lalu (Langlie *et al.*, 2014) dan domestikasi tanaman (Fuller *et al.*, 2006). Pemanfaatan analisis fitolit dalam studi arkeobotani di wilayah Asia telah berkembang pesat dalam dua dekade terakhir. Seiring meningkatnya perhatian terhadap rekonstruksi domestikasi berbagai tanaman dan aktivitas pangan masa lalu, keberadaan fitolit *bulliform*, *bilobate*, dan *double-peaked* dari padi menjadi salah satu poin dalam rekonstruksi perkembangan praktek agraris di Asia (Silva *et al.*, 2015).

Studi kasus penelitian arkeobotani di wilayah Asia, keberadaan mikrofosil fitolit *double-peaked* umumnya ditemukan dalam jumlah sangat kecil, sehingga interpretasi bisa bias atau kehilangan jejak budidaya padi (Ma *et al.*, 2018). Beberapa penelitian lainnya juga sedikit menemukan fitolit *double-peaked* bersama *bulliform* dan jenis lain dalam satu preparat, dan konteks pengambilan sampel. Seperti hasil analisis di Situs Guijiabao di Cina, hasil identifikasi hanya menemukan fitolit *bulliform*, dan *bilobate* dari sedimen (Huan *et al.*, 2022). Demikian pula di Situs Baodun, Cina, penelitian hanya menemukan fitolit *bulliform* dalam profil sedimen yang berusia 7.800 BP sebagai indikasi pemanfaatan padi sebagai bahan pangan (Zhang *et al.*, 2021). Di Asia Tenggara, seperti Kawasan Angkor Wat, hal menarik di area permukiman menunjukkan adanya pengolahan padi dengan keberadaan fitolit *double-peaked*, *bulliform* dan *bilobate*, sedangkan pada area *mahavihara* (tempat belajar) temuan fitolit hanya berupa *double-peaked* yang menunjukkan aktivitas konsumsi (Castillo *et al.*, 2020). Keberadaan fitolit-fitolit tersebut menjelaskan bahwa masyarakat *Khmer* pada saat itu memanfaatkan lahan basah dan lahan kering untuk pertaniannya pada abad ke-14 dan ke-15 Masehi (Castillo *et al.*, 2018).

Pada beberapa hasil penelitian arkeologi di Indonesia, temuan fitolit *double-peaked* juga sangat jarang ditemukan pada konteks situs permukiman. Temuan fitolit *double-peaked* pernah dilaporkan oleh Deng *et al.* (2020) dari residu gerabah bagian badan yang ditemukan di kotak ekskavasi dengan kedalaman 2 m, temuan tersebut berlokasi di Situs Minanga Sipakko, Sulawesi Barat. Penelitian terbaru di Situs Palembang yang bertarikh pada abad ke-2 Masehi, Sulawesi Barat yang menunjukkan keberadaan fitolit *bulliform*, *globular* (bulat dan memiliki duri tumpul pada permukaan) dan *double-peaked* pada gerabah dan sedimen (Arrozain, 2024).

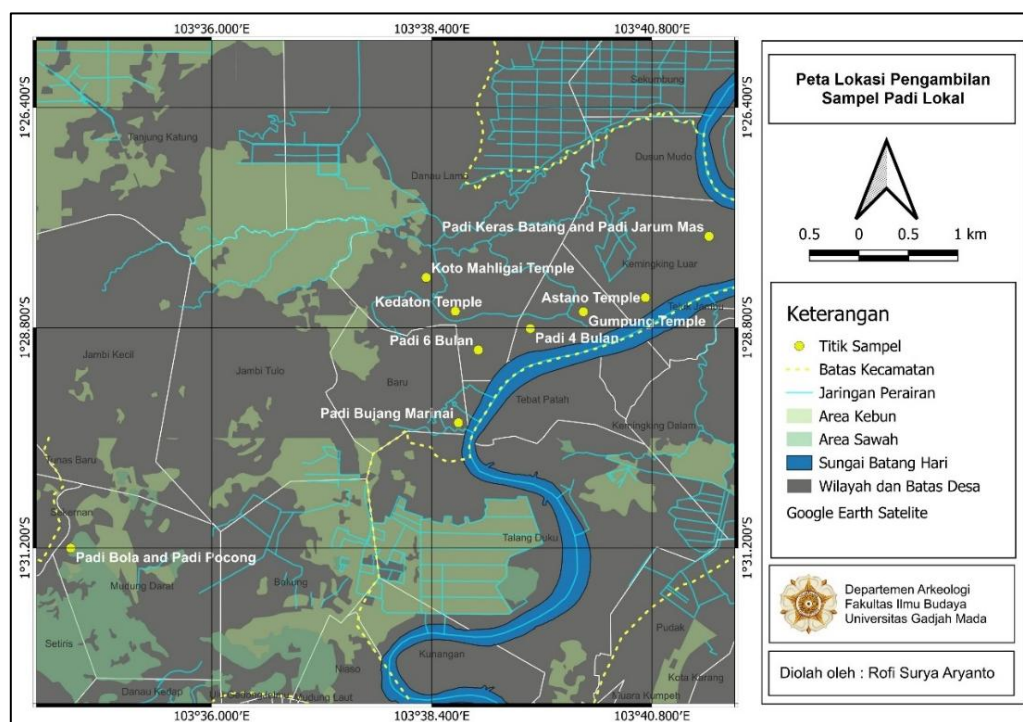
Sebagian besar literatur berfokus pada kajian karakteristik fitolit tanaman padi berbentuk *bulliform* dan *bilobate* yang berasal dari batang dan daun padi (Huan *et al.*, 2018). Pada perkembangannya, kajian karakteristik fitolit *bulliform* menunjukkan perbedaan morfologi dan ukuran yang jelas antara fitolit *bulliform* padi domestikasi dan yang belum didomestikasi, sehingga digunakan luas sebagai indikator domestikasi, misalnya proporsi *bulliform* dengan ≥ 9 “*fish-scale decorations*” dianggap sebagai ciri padi domestikasi dibandingkan padi liar (Ma *et al.*, 2016). Studi komparatif modern terhadap padi domestikasi (*Oryza sativa*) dan padi liar (*Oryza rufipogon*) menunjukkan bahwa karakter morfometrik pada *bilobate* dan *bulliform* mampu membedakan antara subspecies padi (Li *et al.*, 2025). Namun demikian, penelitian khusus mengeksplorasi fitolit *double-peaked* yang terbentuk dari jaringan kulit gabah, belum mendapat perhatian khusus.

Lebih lanjut, detail morfometrik *double-peaked* seperti ukuran tinggi, lebar, kedalaman lekukan, jarak antara kedua puncak silika, perbedaan khusus bentuk *double-peaked* antara varietas modern dan lokal belum mendapat perhatian khusus sebagai kajian karakteristik fitolit *double-peaked*. Sebagian besar kerja kuantitatif dan klasifikasi fitolit tetap berpusat pada keberadaan *bulliform* dan *bilobate* dengan memanfaatkan karakter seperti jumlah *fish-scale* pada *bulliform* (Wang *et al.*, 2019) atau dimensi pada *bilobate* (Wu *et al.*, 2014). Minimnya referensi komprehensif untuk fitolit modern tipe *double-peaked* mengindikasikan *research gap* dalam upaya identifikasi pada olahan padi sebagai bahan pangan masa lalu. Perihal tersebut menjadi tantangan dalam kemampuan arkeobotani untuk memanfaatkan *double-peaked* sebagai indikator diagnostik keberadaan padi. Dengan demikian, pengembangan sampel referensi modern dari fitolit *double-peaked* menawarkan peluang besar untuk memberikan informasi karakteristik padi lokal, proses panen dan melacak praktik konsumsi lebih rinci seperti *dehusking* yang tidak bisa dijelaskan oleh fitolit *bulliform* dan *bilobate*.

Kajian mengenai karakteristik fitolit modern *double-peaked* yang diperoleh dari sampel di area persawahan sekitar Kawasan Cagar Budaya Nasional (KCBN) Percandian Muaro Jambi akan sangat membantu sebagai referensi variasi morfotipe *double-peaked* yang kemungkinan akan ditemukan pada situs-situs arkeologi di Indonesia secara umum, dan KCBN Percandian Muaro Jambi secara khusus sehingga membuka peluang interpretasi praktik subsistensi pada situs permukiman dan situs *mahavihara* yang berkembang pada abad ke-7 sampai 12 Masehi (Widiatmoko, 2015). Penelitian ini diharapkan memberikan hal baru untuk mengidentifikasi jenis padi lokal dan menjadi sampel referensi yang memiliki jenis fitolit *double-peaked* dari gabah padi rawa, padi lahan basah atau padi lahan kering yang umumnya ditanam di sekitar KCBN Percandian Muaro Jambi. Penelitian ini juga diharapkan bisa menjadi acuan referensi ilmiah dalam penelitian keilmuan arkeobotani, khususnya dalam tema penelitian subsistensi di area pantai timur pulau Sumatera dan situs-situs yang memiliki indikasi jejak aktivitas pemanfaatan tumbuhan. Karakterisasi ukuran tidak hanya mendukung identifikasi morfotipe, tetapi juga menjadi data kuantitatif yang penting dalam perbandingan analisis antar spesimen.

METODE

Penelitian ini dilakukan dari bulan Desember 2024 sampai bulan Juli 2025. Pengambilan sampel dilakukan di tiga desa (Desa Muaro Jambi, Desa Kemingking Luar dan Desa Jambi Tulo). Proses ekstraksi sampel gabah dilakukan di Laboratorium Pusat Penelitian Kebencanaan dan Geoteknologi, Badan Riset dan Inovasi Nasional Cistu-Samaun Samadikun, Bandung dan proses pengamatan mikroskop dilakukan di Laboratorium Departemen Arkeologi, Fakultas Ilmu Budaya, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

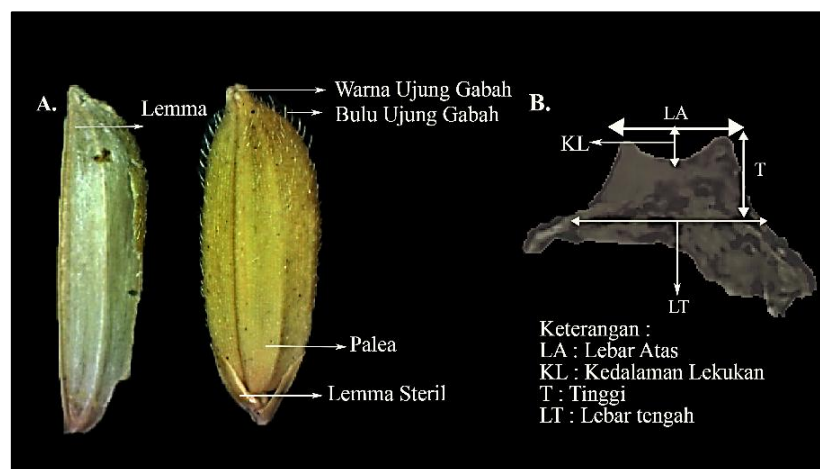


Gambar 1. Peta Area Penelitian

Tahapan dalam penelitian ini secara umum dimulai dari pengumpulan, analisis dan pengolahan data. Pengumpulan data dalam penelitian ini adalah wawancara terbuka dengan beberapa petani lokal dari Desa Muaro Jambi, Desa Jambi Tulo, Desa Sekernan dan Desa Kemingking Luar. Wawancara bertujuan untuk memperoleh memori kolektif berkaitan dengan praktik pertanian di area rawa, a situs lokal berkaitan dengan jenis padi lokal apa yang pernah ditanam oleh masyarakat sekitar. Hasil wawancara khususnya tentang jenis padi lokal kemudian diverifikasi dengan observasi langsung ke beberapa area pertanian sekitar untuk melihat ketersediaan padi lokal yang masih ditanam. Pengumpulan data berikutnya adalah pengambilan sampel gabah padi lokal di lahan pertanian sekitar KCBN Percandian Muaro Jambi, Desa Muaro Jambi, Desa Jambi Tulo, Desa Kemingking Luar, Kecamatan Maro Sebo, Kabupaten Muaro Jambi. Pengambilan sampel gabah padi lokal dilakukan saat gabah padi berusia 6 bulan.

Tahap berikutnya adalah dokumentasi gabah menggunakan stereoskop dan pengamatan karakteristik setiap variasi gabah dari padi lokal. Pengamatan meliputi warna lemma dan palea, rambut pada lemma dan palea, warna lemma steril, panjang lemma steril, warna ujung gabah, tipe bulu ujung gabah, warna bulu ujung gabah, panjang bulu gabah, panjang, lebar dan tebal biji gabah, dan massa gabah per-60 butir. Kemudian hasil pengamatan tersebut dimuat dalam bentuk tabel. Selanjutnya adalah proses pengambilan sampel fitolit dari gabah yang telah dipanen. Proses pengambilan sampel fitolit dari gabah lokal menggunakan teknik LOI (*Loss on Ignition*) untuk menghilangkan senyawa organik sehingga meninggalkan material silika atau fitolit (Piperno, 2006). Teknik LOI dilakukan dengan dua tahap. Tahap pertama gabah dipanggang dengan suhu 105° C selama 4 jam untuk menghilangkan H₂O dalam mesin *furnace*, dan kemudian dipanggang dengan suhu 550° selama 5 jam untuk mendapatkan material abu. Setelah proses *furnace* sampel yang telah dipanggang kemudian didinginkan selama 24 jam di dalam desikator (wadah kedap udara).

Proses pengamatan sampel menggunakan mikroskop Olympus untuk melihat morfotipe dengan perbesaran 400x, hasil pengamatan kemudian klasifikasi morfotipe berdasarkan ICPN 2.0 (Neumann *et al.*, 2019), 30 set temuan fitolit yang sama mewakili satu morfotipe fitolit dari satu sampel gabah padi lokal. Proses pengukuran morfologi fitolit dari setiap sampel gabah padi lokal berdasarkan Zhao *et al.* (1998). Pengukuran meliputi lebar atas (LA), lebar tengah (LT), tinggi (T), dan kedalaman lekukan (KL) dari morfotipe fitolit gabah. Teknik dokumentasi menggunakan *software image raster* untuk pengambilan morfotipe, pengukuran dan skala ukuran fitolit. Pengolahan data selanjutnya dilakukan dengan menghitung setiap ukuran dan diambil rata-rata ukuran setiap jenis sampel berdasarkan hasil dari penghitungan menggunakan *software SPSS*. Hasil analisis setiap ukuran dan perolehan rata-rata setiap ukuran kemudian diolah menggunakan *software PAST v.5* untuk melihat ada atau tidaknya perbedaan ukuran antara setiap sampel yang diperoleh berdasarkan ukuran rata-rata fitolit, sehingga menunjukkan karakteristik dari fitolit *double-peaked* gabah padi lokal.



Gambar 2. (A) Parameter Penilaian Karakteristik Gabah dan (B) Parameter Pengukuran Fitolit *Double-Peaked* Gabah Padi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Padi Lokal dalam Memori Kolektif Masyarakat

Berdasarkan hasil wawancara terhadap delapan narasumber yang berprofesi sebagai petani dan berusia 45 – 70 tahun, lahan pertanian masyarakat di sekitar KCBN Percandian Muaro Jambi ditanami padi lokal dan padi *breeding* (varietas pemuliaan). Padi modern diperoleh langsung dari Pemerintah Kabupaten Muaro Jambi yaitu Padi Implora Tiga yang memiliki karakteristik fisik tinggi kurang lebih 1 m ketika berusia 4 bulan dan proses pertumbuhan yang sangat cepat, sedangkan padi lokal, dalam ingatan memori kolektif masyarakat telah terhimpun 16 jenis. Adapun informasi jenis padi lokal berdasarkan hasil wawancara adalah Padi *Bujang Marinai*, Padi Empat Bulan, Padi Pocong, Padi Jarum Mas, Padi 6 Bulan, Padi Bola, Padi Keras Batang, Padi Bawang, Padi Perak, Padi Wangi, Padi Ketumbar, Padi Paringan, Padi Pandan, Padi Selase, Padi Kuning. Ada jenis padi lokal yang penamaan berdasarkan nama pemiliknya (dua narasumber yang menyebutkan nama jenis padi yang sama) yaitu

Padi Zakaria dan Padi Sidol, namun belum diketahui apakah memiliki karakteristik sendiri atau hanya pada sebuah penamaan.

Penelitian ini menemukan bahwa tidak semua padi yang dikenal oleh narasumber masih dibudidayakan saat ini. Dari 16 padi yang pernah dibudidayakan, tinggal 7 jenis yang masih dibudidayakan, yaitu Padi Keras Batang (*Oryza sativa indica group*), kemudian Padi 4 Bulan (*Oryza nivara*) di 4 titik area persawahan. Padi lokal lainnya yang masih ditanam ditemukan hanya satu titik di setiap persawahan milik narasumber seperti Padi Bujang Marinai (*Oryza rufipogon* Griff.), Padi Pocong (*Oryza sativa* L.), Padi Jarum Mas (*Oryza sativa japonica group*), Padi 6 Bulan (*Oryza officinalis*) dan Padi Bola (*Oryza sativa* var. *glutinosa*). Menariknya, lokasi ditanamnya beberapa padi lokal tersebut merupakan area persawahan tradisional yang sudah diwariskan secara turun-temurun. Berdasarkan pengolahan data SHP Kabupaten Muaro Jambi, lahan tersebut tidak termasuk dalam kawasan persawahan modern yang aktif ditanami padi.

Sampai saat ini belum diperoleh informasi berkaitan kapan padi itu didatangkan dan apakah dari luar daerah atau memang sudah ada dan diwariskan secara turun-temurun. Masyarakat sekitar KCBN Percandian Muaro Jambi menanam padi lokal tidak memiliki tujuan khusus sampai ke tahapan sebagai sumber penghasilan. Padi lokal yang ditanam sampai saat ini hanya sebagai kebutuhan sumber pangan untuk masyarakat itu sendiri, sehingga tidak mengalami ketergantungan terhadap krisis pangan. Namun dalam perkembangannya, seiring dari peningkatan produksi dan industri perkebunan sawit (Gambar 3). Masyarakat mulai bergantung pada beras impor dan bantuan sosial dari pemerintah, faktor lain penyebab berkurangnya produksi dan lahan pertanian adalah iklim dan gangguan hama yang bisa menghambat produktivitas padi lokal. Selain itu juga, Adi *et al.* (2022) menyebutkan dalam perkembangan mengenai perubahan fungsi lanskap perairan juga dipengaruhi oleh faktor aktivitas normalisasi kanal, dan interpretasi keberadaan kanal kuno sebagai jalur transportasi pada area mahavihara dari abad ke VII-XII Masehi di KCBN Percandian Muaro Jambi (Widiatmoko, 2015), sehingga aliran air terhenti dan beberapa lahan pertanian hanya mengandalkan air hujan untuk menanam padi.

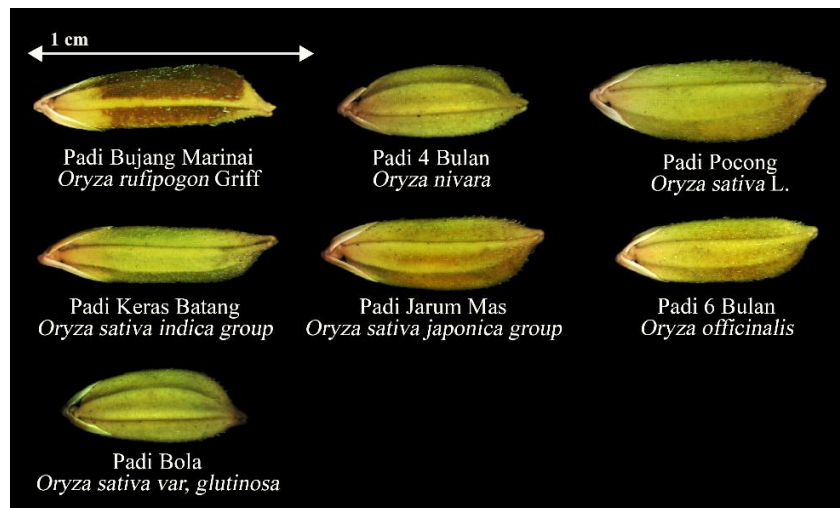


Gambar 3. Lingkungan Lokasi Pengambilan Sampel Padi Lokal

Padi lokal yang ditanam oleh masyarakat saat ini, umumnya ditanam di area genangan air pasca musim hujan. Beberapa titik pengambilan sampel dari informasi narasumber, tempat padi lokal ditanam di area lahan basah dan padi rawa. Hasil observasi menunjukkan bahwa padi lokal memiliki tinggi rata-rata lebih dari 2 m ketika memasuki umur 4 bulan, sedangkan padi *breeding* hanya memiliki tinggi kurang lebih dari 1 m. Area persawahan saat ini yang tersebar di sekitar KCBN Percandian Muaro Jambi banyak ditemukan di sekitar tepian Sungai Batang Hari dan dikelilingi perkebunan sawit. Beberapa titik pengambilan sampel (area persawahan) memiliki keunikan yang sama, batas area dalam bentuk fisik antara lahan pertanian dan lahan perkebunan yang dimiliki masyarakat ditanam tumbuhan pinang masak sebagai pagar pembatas kepemilikan suatu lahan. Berdasarkan hasil wawancara, 8 narasumber masih menggunakan sawah tersebut sebagai lahan pertanian jangka panjang, dan 2 narasumber telah memutuskan untuk mengubah lahan pertanian sebagai lahan perkebunan sawit untuk tahun depan.

Karakteristik Gabah Padi Lokal

Keterangan penilaian karakteristik padi berdasarkan panduan Karakterisasi dan Evaluasi Plasma Nutfah padi dari Komisi Nasional Plasma Nutfah (2003). Adapun keterangan yaitu warna lemma dan palea: 0 = kuning Jerami, 1 = kuning emas dan garis-garis berwarna emas dengan latar belakang kuning Jerami, 2 = bercak cokelat pada latar belakang warna kuning Jerami. Keberadaan rambut pada lemma dan palea: 1 = licin, 2 = rambut pada lekukan lemma, 3 = rambut pada bagian atas gabah, 4 = rambut-rambut pendek. Warna lemma steril: 1 = kuning Jerami, 2 kuning emas. Panjang lemma steril: 1 = pendek, 3 = menengah, 5 = panjang. Warna ujung gabah: 1 = putih, 2 kuning Jerami, 3 = cokelat. Bulu ujung gabah: 1 = pendek dan hanya sebagian berbulu, 5 pendek semua berbulu. Warna bulu ujung gabah: 1 = kuning Jerami, 2 kuning emas.



Gambar 4. Gabah Padi Lokal

Gambar 4 menunjukkan secara visual adanya perbedaan bentuk dan ukuran gabah pada setiap jenis padi. Tabel 1 menyajikan variasi karakteristik gabah yang digunakan sebagai sampel untuk analisis fitolit. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa setiap jenis gabah memiliki karakteristik morfologi yang berbeda. Berdasarkan warna kulit luar (lemma) dan kulit dalam (palea) hanya Padi Bujang Marinai yang berwarna bercak cokelat pada latar belakang berwarna kuning Jerami, Padi 4 Bulan, Padi Bola, Padi Jarum Mas dan Padi 6 Bulan memiliki warna kuning dan memiliki garis-garis berwarna keemasan, dengan latar belakang kuning jerami, sedangkan Padi Pocong dan Padi Keras Batang berwarna kuning Jerami. Bagian rambut pada lemma dan palea, Padi 4 Bulan, Padi Bola dan Padi Jarum Mas memiliki rambut pendek, Padi Pocong, Padi Keras Batang dan Padi 6 Bulan memiliki rambut yang licin, untuk Padi Bujang Marinai hanya memiliki rambut pada bagian atas gabah.

Warna lemma steril untuk Padi Bujang Marinai, Padi 4 Bulan, Padi Pocong, Padi Bola dan Padi 6 Bulan memiliki warna kuning jerami, Padi Jarum Mas dan Padi Keras Batang menunjukkan warna kuning emas. Panjang lemma steril pada Padi Bujang Marinai, Padi Pocong, Padi Bola dan Padi 6 Bulan masuk dalam kategori pendek, Padi 4 Bulan dan Padi Keras Batang berada pada kategori menengah, sedangkan Padi Jarum Mas memiliki lemma steril yang panjang. Pada warna ujung gabah setiap padi budidaya juga menunjukkan keberagaman antara lain, Padi Bujang Marinai, Padi 4 Bulan, Padi Jarum Mas dan Padi 6 Bulan memiliki kesamaan yaitu warna coklat, Padi Pocong dan Padi Bola berwarna kuning jerami dan Padi Keras Batang berwarna putih.

Karakteristik bulu ujung gabah pada Padi Bujang Marinai, Padi 4 Bulan, Padi Pocong, Padi Jarum Mas dan Padi 6 Bulan memiliki karakter pendek dan hanya ditemukan sebagian, sedangkan pada Padi Bola dan Padi Keras Batang hampir semua ditutupi oleh bulu halus yang pendek. Warna bulu ujung gabah pada Padi Bujang Marinai, dan Padi 4 Bulan memiliki warna kuning jerami, untuk Padi Pocong, Padi Bola, Padi Jarum Mas, Padi Keras Batang dan Padi 6 bulan berwarna kuning keemasan. Ukuran helai bulu padi budidaya di sekitar KCBN tidak begitu beragam, Padi 4 Bulan dan Padi Jarum Mas memiliki helai bulu dengan panjang 1 mm, sedangkan Padi Bujang Marinai, Padi Pocong, Padi Bola, Padi Keras Batang dan Padi 6 Bulan lebih pendek dengan panjang 0,5 mm.

Panjang biji padi budidaya setiap sampel juga menunjukkan keragaman, antara lain Padi Bola memiliki ukuran terpanjang yaitu 8 mm, Padi 4 Bulan, Padi Pocong dan Padi Jarum Mas dengan ukuran 7 mm, sedangkan terpendek adalah Padi Bujang Marinai, Padi Keras Batang dan Padi 6 Bulan yaitu dengan panjang 6 mm. Pada lebar biji setiap gabah tidak banyak perbedaan dimana Padi Keras Batang yang paling lebar dengan ukuran 3,5 mm.

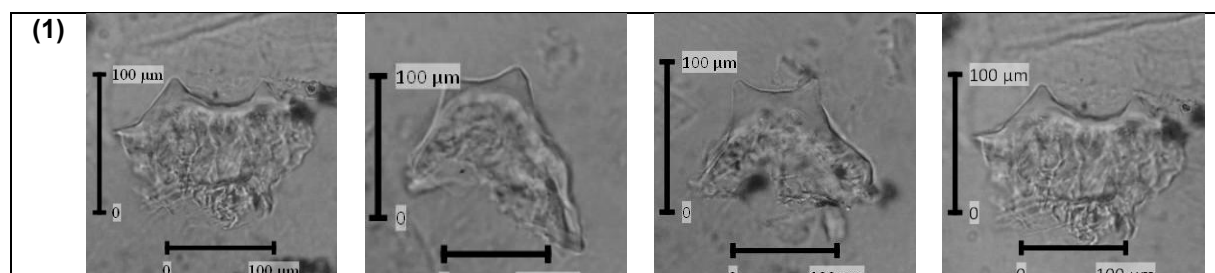
Ketebalan setiap biji padi budidaya, padi budidaya paling tebal dimiliki oleh Padi Bujang Marinai, Padi 4 Bulan, Padi Jarum Mas dan Padi Keras Batang yaitu 2 mm, Padi Pocong dengan tebal 1,5 mm, dan yang paling tipis adalah Padi Bola dan Padi 6 Bulan dengan ukuran 1 mm. Bobot 60 butir gabah pada setiap jenis padi tidak menunjukkan perbedaan yang mencolok. Padi 4 Bulan memiliki bobot 60 butir tertinggi, yaitu 2,27 g, diikuti oleh Padi Keras Batang, Padi Jarum Mas, Padi Bujang Marinai, Padi Bola, dan Padi Pocong. Sementara itu, Padi 6 Bulan memiliki bobot 60 butir terendah, yaitu 1,65 g.

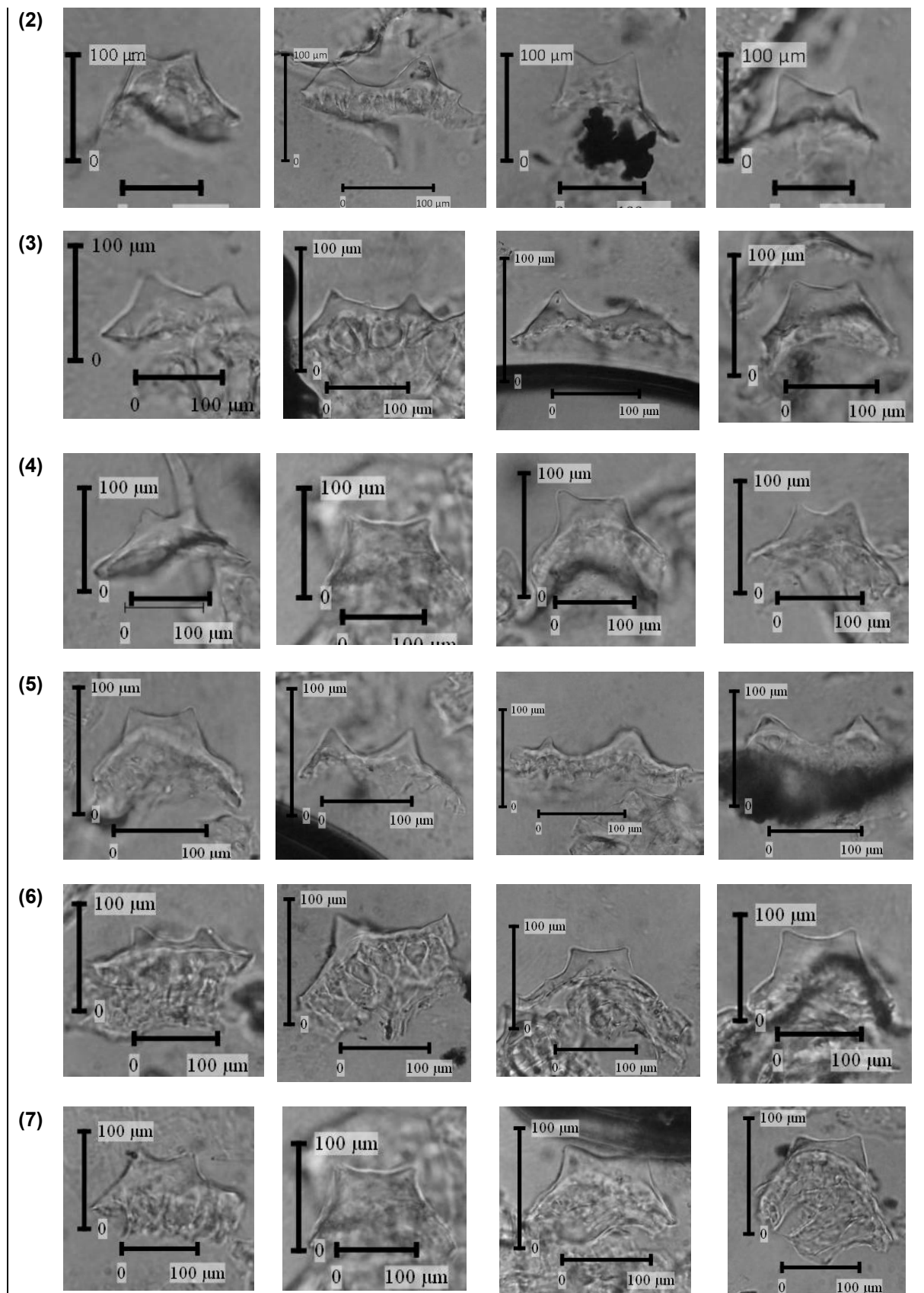
Tabel 1. Karakteristik Gabah Padi Budidaya Sekitar KCBN Muaro Jambi, Ukuran, dalam Milimeter (mm) dan Gram (g)

Karakteristik	Nama Lokal						
	Padi Bujang Marinai	Padi 4 Bulan	Padi Pocong	Padi Bola	Padi Jarum Mas	Padi Keras Batang	Padi 6 Bulan
Warna Lemma dan Palea	2	1	0	1	1	0	1
Rambut Pada Lemma dan Palea	3	4	1	4	4	1	1
Warna Lemma Steril	1	1	1	1	2	2	1
Panjang Lemma Steril	1	3	1	1	5	3	1
Warna Ujung Gabah	3	3	2	2	3	1	3
Bulu Ujung Gabah	1	1	1	5	1	5	1
Warna Bulu Ujung Gabah	2	2	1	1	1	1	1
Panjang Bulu	0,5	1	0,5	0,5	1	0,5	0,5
Panjang Biji	6	7	7	8	7	6	6
Lebar Biji	3	3	3	3	3	3,5	3
Tebal Biji	2	2	1,5	1	2	2	1
Bobot 60 Butir	2,06	2,27	1,68	2,03	2,11	2,13	1,65

Karakteristik Fitolit Gabah

Berdasarkan hasil pengamatan mikroskopis, semua gabah padi lokal dari hasil proses LOI menunjukkan fitolit dengan tipe *double-peaked*. Bentuk *double-peaked* dengan menampilkan dua tonjolan puncak (*peak*) yang umumnya berbentuk simetris di bagian atas morfologi. Umumnya memiliki rasio lebar yang menjadi ciri khas diagnostik dari gabah padi budidaya (*Oryza sativa*). Berdasarkan hasil pengukuran rata-rata yang dibandingkan dengan sampel referensi dari Arrozain (2024) dan Li *et al.* (2025) menunjukkan secara keseluruhan ukuran yang lebih besar dibandingkan dengan padi liar dan padi modern, sehingga menunjukkan adanya perbedaan morfologi secara visual pada konteks penelitian biologi dan arkeobotani.





Gambar 5. Fitolit *Double-Peaked* Gabah Padi Lokal: (1) Padi Bujang Marinai; (2) Padi 4 Bulan; (3) Padi Pocong; (4) Padi Jarum Mas; (5) Padi 6 Bulan; (6) Padi Bola; (7) Padi Keras Batang

Tipe *Double-Peaked* Gabah Padi Lokal

Berdasarkan keseluruhan data, analisis data statistik setiap ukuran fitolit pada Tabel 2, secara komparatif hasil pengukuran morfometri fitolit pada beberapa jenis padi menunjukkan adanya variasi ukuran pada setiap parameter, baik lebar atas, kedalaman lekukan, lebar tengah, maupun tinggi. Padi 4 Bulan dan Padi Jarum Mas cenderung memiliki ukuran yang lebih besar dibandingkan jenis lainnya, terutama pada parameter lebar tengah yang masing-masing mencapai rata-rata 118,47 μm dan 117,27 μm . Sementara itu, Padi Bujang Marinai memperlihatkan ukuran paling kecil pada lebar tengah, yaitu rata-rata 78,57 μm , yang menandai adanya perbedaan mencolok antarjenis. Perbandingan pada kedalaman lekukan menunjukkan bahwa Padi Jarum Mas (19,53 μm) dan Padi 4 Bulan (18,9 μm) memiliki rata-rata tertinggi, sedangkan Padi Bujang Marinai relatif paling rendah (14,4 μm).

Pada parameter tinggi fitolit, Padi 4 Bulan dan Padi Jarum Mas juga menempati kisaran nilai yang lebih besar dibanding jenis padi lokal lainnya, dengan rata-rata sekitar 22 μm , sedangkan Padi Bola memperlihatkan nilai paling rendah yaitu 18,77 μm . Hal ini memperlihatkan bahwa jenis padi tertentu memiliki ciri morfometri yang lebih menonjol, terutama pada ukuran tinggi dan kedalaman lekukan. Secara keseluruhan, variasi yang muncul dalam setiap jenis padi mencerminkan keragaman karakter morfometri yang dapat menjadi dasar dalam identifikasi jenis. Padi 4 Bulan cenderung memperlihatkan ukuran yang besar, sejajar dengan jenis padi lokal lainnya seperti Padi Jarum Mas, sedangkan jenis padi lokal seperti Padi Bujang Marinai dan Padi Bola menunjukkan ukuran lebih kecil.

Tabel 2. Rata-rata Ukuran Fitolit *Double-Peaked* Gabah Padi Lokal Keseluruhan

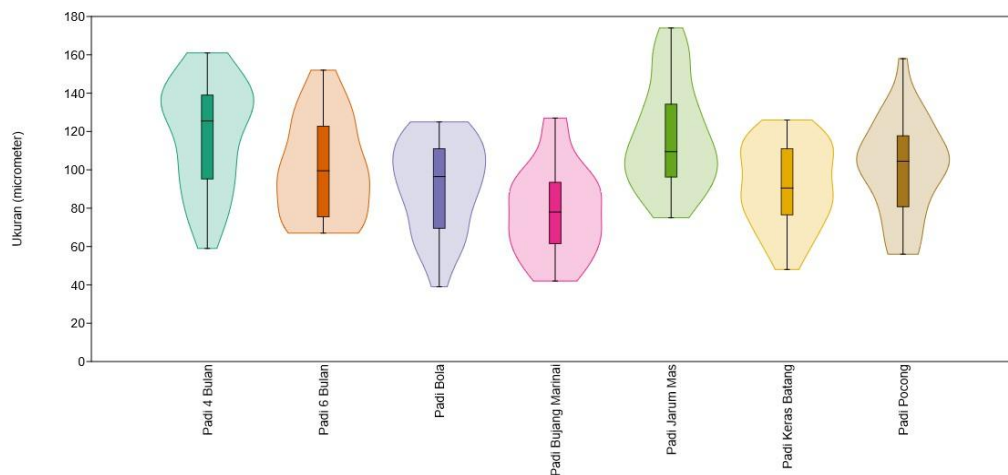
Jenis Padi	Hasil Pengukuran	Parameter			
		Lebar atas (μm)	Kedalaman lekukan (μm)	Lebar tengah (μm)	Tinggi (μm)
Padi 4 Bulan	Jangkauan	33 – 91	6 – 32	59 – 161	14 – 38
	Rata-rata $\pm$ SD	64,13 $\pm$ 16,79	18,9 $\pm$ 5,64	118,47 $\pm$ 28,22	22,7 $\pm$ 6,77
Padi 6 Bulan	Jangkauan	27 – 89	5 – 31	67 – 152	13 – 30
	Rata-rata $\pm$ SD	54,8 $\pm$ 15,65	15,93 $\pm$ 6,13	100,57 $\pm$ 25,32	20,57 $\pm$ 4,67
Padi Bola	Jangkauan	26 – 80	7 – 30	39 – 125	12 – 25
	Rata-rata $\pm$ SD	51,33 $\pm$ 14,09	15,57 $\pm$ 5,58	91,93 $\pm$ 23,79	18,77 $\pm$ 3,76
Padi Bujang Marinai	Jangkauan	27 – 77	8 – 24	42 – 127	13 – 32
	Rata-rata $\pm$ SD	49,63 $\pm$ 12,40	14,4 $\pm$ 3,68	78,57 $\pm$ 22,98	19,37 $\pm$ 4,75
Padi Jarum Mas	Jangkauan	40 – 105	10 – 38	75 – 174	14 – 33
	Rata-rata $\pm$ SD	64,73 $\pm$ 15,14	19,53 $\pm$ 6,63	117,27 $\pm$ 27,09	22,6 $\pm$ 5,08
Padi Keras Batang	Jangkauan	23 – 88	5 – 31	48 – 126	11 – 31
	Rata-rata $\pm$ SD	50,7 $\pm$ 14,92	15,53 $\pm$ 6,57	91,87 $\pm$ 21,42	19,3 $\pm$ 4,91
Padi Pocong	Jangkauan	25 – 94	6 – 33	56 – 158	13 – 27
	Rata-rata $\pm$ SD	55,63 $\pm$ 18,89	14,53 $\pm$ 5,83	100,67 $\pm$ 25,09	21,03 $\pm$ 3,78

Uji Normalitas Lebar Tengah Fitolit *Double-Peaked*

Standardisasi pembeda yang menjadi ciri khas fitolit untuk spesies padi sampai saat ini belum ada, Umumnya untuk acuan karakteristik fitolit *double-peaked* terletak pada ukuran lebar tengah, seperti yang pernah dilakukan oleh Houyuan *et al.* (1997) dan Fuller (2018), sehingga untuk melihat karakteristik pembeda dari 7 jenis padi lokal maka akan dilakukan uji normalitas. Uji normalitas terhadap fitolit *double-peaked* dari gabah padi lokal dilakukan metode *Shapiro-wilk*. Hal ini disebabkan jumlah masing-masing fitolit dari setiap jenis padi 30 individu ($n=30$) atau kurang dari 50 (<50). Uji normalitas menggunakan hasil pengukuran parameter lebar tengah (LT) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2. Parameter ini dipilih karena secara kasat mata dan kemungkinan dapat membedakan fitolit *double-peaked* satu dengan lainnya berdasarkan ukuran relatif (besar atau kecil). Hasil uji normalitas menunjukkan bahwa seluruh fitolit dari ketujuh jenis padi yang dianalisis memiliki sebaran data yang relatif normal ($p>0.05$). Visualisasi distribusi data hasil uji normalitas ditampilkan pada Gambar 6.

Secara keseluruhan, distribusi ukuran lebar tengah fitolit pada seluruh jenis padi lokal menunjukkan rentang umum antara 40 hingga 170 μm , sehingga variasi morfometrik cukup beragam dalam himpunan data tersebut, temuan ini memperlihatkan adanya perbedaan dan karakteristik antarjenis. Pada median

ukuran lebar tengah dari jenis padi lainnya tetap berada dalam kisaran yang relatif sama, dengan demikian, nilai median secara kolektif berada pada kisaran 90 hingga 120 μm , sehingga menggambarkan kecenderungan ukuran dominan yang relatif stabil di tengah keberagaman pada seluruh jenis padi lokal. Karakteristik morfometri antarjenis, fitolit *double-peaked* pada Padi Jarum Mas (*Oryza sativa japonica group*) memiliki nilai lebar tengah dengan paling tinggi, yaitu nilai dari 80 hingga 170 μm . Sebaliknya, Padi Bujang Marinal (*Oryza rufipogon* Griff.) memiliki ukuran lebar tengah dengan nilai 40 hingga 110 μm , sehingga menjadi jenis padi lokal dengan variasi morfometrik paling rendah dalam keseluruhan data yang didapatkan.



Gambar 6. Grafik Violin Lebar Tengah Fitolit Keseluruhan

Uji ANOVA Lebar Tengah Dan Kedalaman Lekukan Fitolit *Double-Peaked*

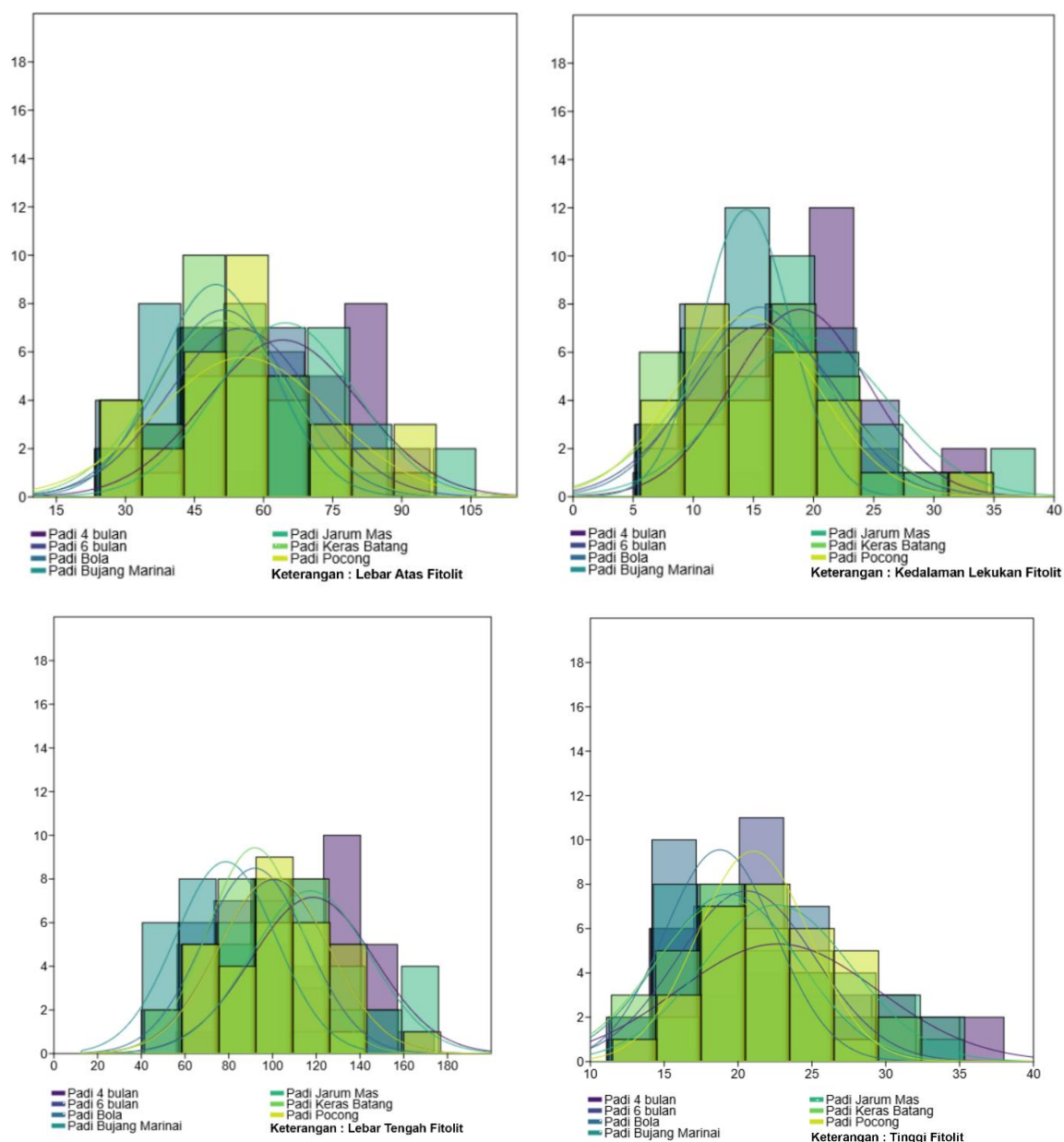
Pengujian berikutnya menggunakan Uji ANOVA pada nilai dari hasil pengukuran lebar tengah fitolit *double-peaked*. Secara umum, hasil dari Uji ANOVA menunjukkan bahwa fitolit *double-peaked* dari keseluruhan gabah padi lokal memiliki perbedaan, berdasarkan dari ukuran lebar tengah. Hasil pengujian menunjukkan nilai F sebesar 9,893. Nilai tersebut lebih besar dari nilai F kritis yang sebesar 2,143, hal ini menunjukkan bahwa setiap variasi padi lokal memiliki ukuran lebar tengah yang berbeda dan beragam pada fitolit *double-peaked*. Hasil di atas tidak berbeda jauh dengan variabel kedalaman lekukan. Hasil pengujian ANOVA menunjukkan bahwa nilai F sebesar 3,747 yang lebih besar dari F kritis sebesar 2,143. Nilai F hitung yang lebih besar daripada F kritis menunjukkan adanya perbedaan terhadap variabel kedalaman lekukan fitolit *double-peaked* antarjenis padi lokal. Hasil lengkap Uji ANOVA disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji ANOVA Lebar Tengah dan Kedalaman Lekukan

Parameter	df (antara, dalam)	F hitung	F kritis ($\alpha = 0,05$)	p-value	Interpretasi
Lebar Tengah	(6, 203)	9,893	2,143	$1,433 \times 10^{-9}$	Terdapat perbedaan yang signifikan antarjenis padi ($p < 0,05$; F hitung > F kritis).
Kedalaman Lekukan	(6, 203)	3,747	2,143	0,001472	Terdapat perbedaan yang signifikan antarjenis padi ($p < 0,05$; F hitung > F kritis)

Histogram Distribusi Fitolit *Double-Peaked* Gabah Padi Lokal

Untuk menggambarkan variasi ukuran morfometri fitolit *double-peaked* pada tujuh jenis padi lokal, dilakukan analisis distribusi frekuensi menggunakan histogram. Histogram ini menunjukkan sebaran data pada setiap parameter morfometri, yaitu lebar atas, kedalaman lekukan, lebar tengah, dan tinggi fitolit. Melalui pola distribusi tersebut dapat diamati kecenderungan ukuran dominan, tingkat variasi, serta adanya tumpang tindih ukuran antarjenis padi. Distribusi masing-masing parameter fitolit disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Histogram Parameter Fitolit *Double-Peaked*

Histogram Distribusi lebar atas fitolit *double-peaked* dari tujuh jenis padi menunjukkan pola variasi ukuran yang cukup beragam. Variasi ini menunjukkan bahwa meskipun setiap jenis padi memiliki rentang berbeda, terdapat area tumpang tindih yang cukup jelas sehingga menunjukkan kesamaan ukuran lebar atas antar jenis padi. Secara umum, distribusi data terkonsentrasi pada rentang ukuran 40–80 μm. Puncak frekuensi berada pada nilai 45 hingga 60 μm diperoleh oleh Padi Jarum Mas (*Oryza sativa japonica group*).

Pada Histogram Distribusi kedalaman lekukan, hampir semua jenis padi lokal memiliki ukuran kedalaman lekukan dari fitolit *double-peaked* hampir sama, dengan nilai ukuran 10 hingga mencapai rata-rata 20 μm. Namun tetap menunjukkan perbedaan, puncak frekuensi berada pada Padi Bujang Marinal (*Oryza rufipogon*) dengan nilai ukuran 15 μm, namun puncak frekuensi tidak menunjukkan bahwa Padi Bujang Marinal (*Oryza rufipogon*) memiliki fitolit *double-peaked* dengan nilai kedalaman lekukan paling tinggi, nilai kedalaman lekukan paling tinggi terdapat pada Padi Jarum Mas (*Oryza sativa japonica group*) dengan ukuran 38 μm.

Pada parameter lebar tengah fitolit, menunjukkan bahwa persebaran nilai lebar fitolit *double-peaked* lebih besar dibanding persebaran kedalaman lekukan. Distribusi nilai lebih melebar, berkisar 50 hingga 150 μm , dengan puncak frekuensi berada pada rentang 90 hingga 120 μm . Meskipun Sebagian jenis padi lokal seperti Padi 4 Bulan (*Oryza nivara*) dan Padi Bujang Marinai (*Oryza rufipogon* Griff.) tampak memiliki nilai yang lebih panjang. Sedangkan pada frekuensi paling rendah namun memiliki nilai ukuran lebar tengah fitolit *double-peaked* paling tinggi ditemukan pada Padi Jarum Mas dengan frekuensi normal berada pada angka 4 dan ukuran rata-rata 160 hingga mencapai 180 μm . Distribusi setiap parameter fitolit disajikan pada Gambar 7.

Pada Histogram Distribusi tinggi fitolit menunjukkan bahwa ukuran tinggi fitolit *double-peaked* pada setiap jenis padi lokal umumnya relatif sama. Sebagian besar jenis padi lokal terkonsentrasi pada rentang 15 hingga 35 μm , dengan puncak frekuensi yang mengelompok pada nilai 20 hingga 25 μm . Namun pada Padi 4 Bulan (*Oryza nivara*) memiliki frekuensi paling tinggi dengan nilai rata-rata ukuran tinggi 14 hingga mencapai tinggi 38 μm , dan Padi Bola (*Oryza sativa* var. *glutinosa*) memiliki frekuensi paling rendah dengan nilai rata-rata ukuran tinggi dari 12 hingga 25 μm .

KESIMPULAN

Penelitian ini telah menunjukkan variasi morfometri fitolit *double-peaked* dari 7 jenis gabah padi lokal yang diproses melalui metode *furnace*. Setiap jenis fitolit *double-peaked* memiliki karakteristik yang berbeda dari setiap parameter ukurannya, baik dari segi lebar atas, lebar tengah, kedalaman lekukan dan tinggi. Berdasarkan pengujian Uji Normalitas dan Uji ANOVA pada lebar tengah untuk himpunan keseluruhan sampel menunjukkan bahwa adanya perbedaan antar jenis padi. Padi Jarum Mas (*Oryza sativa japonica* group) memiliki nilai ukuran paling besar, dan Padi Bujang Marinai (*Oryza rufipogon*) memiliki ukuran paling kecil. Berdasarkan hasil pengukuran dengan data dukung dari rata-rata ukuran lebar tengah dan kedalaman lekukan, bahwa semakin tinggi nilai dari ukuran lebar tengah fitolit *double-peaked* maka semakin tinggi nilai ukuran kedalaman lekukan fitolit *double-peaked*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan rasa syukur dan terima kasih kepada Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) atas dukungan dana penelitian. Terima kasih kepada dosen Program Studi Pendidikan Biologi (Ibu Ine Tentia) yang telah membantu dalam proses identifikasi dan penyusunan herbarium serta verifikasi nama ilmiah dari tumbuhan padi lokal yang dibudidayakan secara turun-temurun di sekitar KCBN Percandian Muaro Jambi. Kepada teman-teman mahasiswa Program Studi Arkeologi, Universitas Jambi (Nurul, Stevano, Farhan, Ilham dan Lani) dalam membantu proses pengumpulan data. Terima kasih sebesar-besarnya kepada narasumber (Datuk Haironi, Nyai Irawati, Nyai Nunit, Nyai Samsiah, Nyai Seriah, Nyai Slamiah, Datuk Tukmin, Datuk Wakte, Nyai Zawiah) yang bersedia untuk diwawancara dan memberikan informasi yang dibutuhkan dalam penelitian dan penulisan artikel ini. Terima kasih kepada Sivitas Akademika Program Studi Arkeologi, FKIP Universitas Jambi yang telah bersedia meminjamkan laboratorium Jurusan Seni dan Arkeologi sebagai sarana dalam pengolahan data. Terima kasih kepada pihak lainnya yang tidak bisa disebutkan secara keseluruhan dalam memberikan ide-ide penulisan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arrozain, M. D. F. (2024). *Ragam tumbuhan dan pemanfaatannya pada Masa Logam Awal di Situs Palembang, Kalumpang, Sulawesi Barat* [Master's thesis, Universitas Gadjah Mada].
- Castillo, C. C., Carter, A., Kingwell-Banham, E., Zhuang, Y., Weisskopf, A., Chhay, R., Heng, P., Fuller, D. Q., & Stark, M. (2020). The Khmer did not live by rice alone: Archaeobotanical investigations at Angkor Wat and Ta Prohm. *Archaeological Research in Asia*, 24, Article 100213. <https://doi.org/10.1016/j.ara.2020.100213>
- Castillo, C. C., Polkinghorne, M., Vincent, B., Suy, T. B., & Fuller, D. Q. (2018). Life goes on: Archaeobotanical investigations of diet and ritual at Angkor Thom, Cambodia (14th–15th centuries CE). *The Holocene*, 28(6), 930–944. <https://doi.org/10.1177/0959683617752841>
- Deng, Z., Hung, H.-C., Carson, M. T., Oktaviana, A. A., Hakim, B., & Simanjuntak, T. (2020). Validating earliest rice farming in the Indonesian Archipelago. *Scientific Reports*, 10(1), Article 4. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67747-3>

- Fuller, D. Q. (2018). Rice: A user guide for archaeologists (Version 1.0). UCL Early Rice Project, University College London. https://www.ucl.ac.uk/rice/sites/rice/files/users_manual_2018.pdf
- Fuller, D. Q., & Harvey, E. L. (2006). The archaeobotany of Indian pulses: Identification, processing and evidence for cultivation. *Environmental Archaeology*, 11(2), 219–246. <https://doi.org/10.1179/174963106x123232>
- Houyuan, L., Naiqin, W., & Baozhu, L. (1997). Recognition of rice phytoliths. In *Estado actual de los estudios de fitolitos en suelos y plantas* (pp. 160–161). Centro de Ciencias Medioambientales. <https://www.researchgate.net/publication/312431939>
- Huan, X., Deng, Z., Zhou, Z., Yan, X., Hao, X., Bu, Q., & Lu, H. (2022). The emergence of rice and millet farming in the Zang-Yi Corridor of Southwest China dates back to 5000 years ago. *Frontiers in Earth Science*, 10, Article 874649. <https://doi.org/10.3389/feart.2022.874649>
- Huan, X., Lu, H., Zhang, J., & Wang, C. (2018). Phytolith assemblage analysis for the identification of rice paddy. *Scientific Reports*, 8(1), Article 4. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-29172-5>
- Langlie, B. S., Mueller, N. G., Spengler, R. N., & Fritz, G. J. (2014). Agricultural origins from the ground up: Archaeological approaches to plant domestication. *American Journal of Botany*, 101(10), 1601–1617. <https://doi.org/10.3732/ajb>
- Li, Y., Jiang, M., Gu, Y., Zheng, M., Fang, S., Du, Y., & Feng, L. (2025). Morphometric comparison of phytoliths in wild rice (*Oryza rufipogon*) and domesticated rice (*Oryza sativa* subsp. *japonica* and *Oryza sativa* subsp. *indica*): Taxonomic implications. *Science China Earth Sciences*, 68(7), 2373–2382. <https://doi.org/10.1007/s11430-024-1601-2>
- Ma, Y., Yang, X., Huan, X., Gao, Y., Wang, W., Li, Z., Ma, Z., Perry, L., Sun, G., Jiang, L., Jin, G., & Lu, H. (2018). Multiple indicators of rice remains and the process of rice domestication: A case study in the Lower Yangtze River region, China. *PLoS ONE*, 13(12), e0208104. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208104>
- Ma, Y., Yang, X., Huan, X., Wang, W., Ma, Z., Li, Z., Sun, G., Jiang, L., Zhuang, Y., & Lu, H. (2016). Rice bulliform phytoliths reveal the process of rice domestication in the Neolithic Lower Yangtze River region. *Quaternary International*, 426, 126–132. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.02.030>
- Adi, A.M.W., Izza, N. A., Rohiq, M., & Rahariyoso, D. (2022). Transformasi lanskap perairan di Kawasan Percandian Muaro Jambi dalam memori kolektif masyarakat lokal: Local collective memories of the waterscape transformation in Muaro Jambi Temple Complex. *Berkala Arkeologi*, 42(2), 111–136. <https://doi.org/10.30883/jba.v42i2.974>
- Neumann, K., Strömberg, C. A. E., Ball, T., Albert, R. M., Vrydaghs, L., & Cummings, L. S. (2019). International code for phytolith nomenclature (ICPN) 2.0. *Annals of Botany*, 124(2), 189–199. <https://doi.org/10.1093/aob/mcz064>
- Nonim. (2003). *Panduan sistem karakterisasi dan evaluasi tanaman padi*. Departemen Pertanian.
- Piperno, D. R. (2006). *Phytoliths: A comprehensive guide for archaeologists and paleoecologists*. Altamira Press.
- Shillito, L. (2018). Phytolith analysis. *The Encyclopedia of Archaeological Sciences*, 1–3. <https://doi.org/10.1002/9781119188230.saseas0456>
- Silva, F., Stevens, C. J., Weisskopf, A., Castillo, C., Qin, L., Bevan, A., & Fuller, D. Q. (2015). Modelling the geographical origin of rice cultivation in Asia using the Rice Archaeological Database. *PLoS ONE*, 10(9), e0137024. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0137024>
- Wang, C., Lu, H., Zhang, J., Mao, L., & Ge, Y. (2019). Bulliform phytolith size of rice and its correlation with hydrothermal environment: A preliminary morphological study on species in Southern China. *Frontiers in Plant Science*, 10, Article 1037. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01037>
- Widiatmoko, A. (2015). *Situs Muaro Jambi sebagai Mahavihara abad ke-7–12 Masehi* [Master's thesis, Universitas Indonesia].

- Wu, Y., Jiang, L., Zheng, Y., Wang, C., & Zhao, Z. (2014). Morphological trend analysis of rice phytolith during the Early Neolithic in the Lower Yangtze. *Journal of Archaeological Science*, 49(1), 326–331. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.06.001>
- Zhang, J., Lv, Y., Yu, L., Tang, M., Huang, M., Shao, K., Huan, X., Wen, C., Dong, Y., Jiang, M., He, K., Yan, X., Ye, M., Wu, N., & Lu, H. (2021). Neolithic rice cultivation and consequent landscape changes at the Baodun Site, Southwestern China. *Frontiers in Earth Science*, 9, Article 807626. <https://doi.org/10.3389/feart.2021.807626>
- Zhao, Z., Pearsall, D. M., Benfer, R. A., Jr., & Piperno, D. R. (1998). Distinguishing rice (*Oryza sativa* Poaceae) from wild *Oryza* species through phytolith analysis II: Finalized method. *Economic Botany*, 52(2), 138.