

**POTENSI KAWASAN KOMPLEKS ARKEOLOGI SUNGAI BATU  
DALAM INDUSTRI BESI DUNIA BERDASARKAN ANALISIS  
DATA SURVEI BAHAN PELEBURAN BESI DAN  
PENGGERUDIAN DALAM**

*(POTENTIAL OF SUNGAI BATU ARCHAEOLOGICAL COMPLEX IN THE  
WORLD IRON INDUSTRY BASED ON ANALYSIS OF IRON SMELTING  
MATERIALS SURVEY DATA AND CORE DRILLING)*

**Mohd Hasfarisham Abd Halim, Shyeh Sahibul Karamah Masnan,  
Nur Khairunnisa Talib & Mokhtar Saidin**

**Abstrak**

---

Kajian ini dijalankan bertujuan untuk mendapatkan data primer berkaitan potensi kawasan Kompleks Arkeologi Sungai Batu sebagai kawasan peleburan besi Kedah Tua. Sehubungan itu kajian ini akan menggunakan kaedah survei dan penggerudian dalam bagi mengoptimumkan dapatan data bagi kajian ini. Ini kerana bukti arkeologi semasa jelas mendedahkan kawasan ini telah digunakan sebagai bengkel peleburan besi utama dan maju bagi kerajaan Kedah Tua sejak 788 Sebelum Masihi. Analisis ke atas sampel tanah melalui penggerudian dalam jelas menunjukkan sebelum kawasan ini mewakili persekitaran teluk yang luas sebelum aras laut menurun dan persekitarannya berubah kepada sungai yang membolehkan petempatan didirikan. Hasil survei sekitar Kompleks Sungai Batu juga membuktikan kawasan ini mempunyai kelimpahan hasil bumi seperti bijih besi untuk tujuan peleburan besi, pokok bakau sebagai bahan bakar peleburan besi dan tanah aluvium bagi bahan asas pembuatan bata bagi pembinaan monumen yang kesemua ini menjadi pemangkin kepada perkembangan kawasan ini dalam penghasilan produk besi dunia.

---

**Kata kunci:** Sungai Batu, survei, penggerudian dalam, bahan asas, industri besi

**Abstract**

---

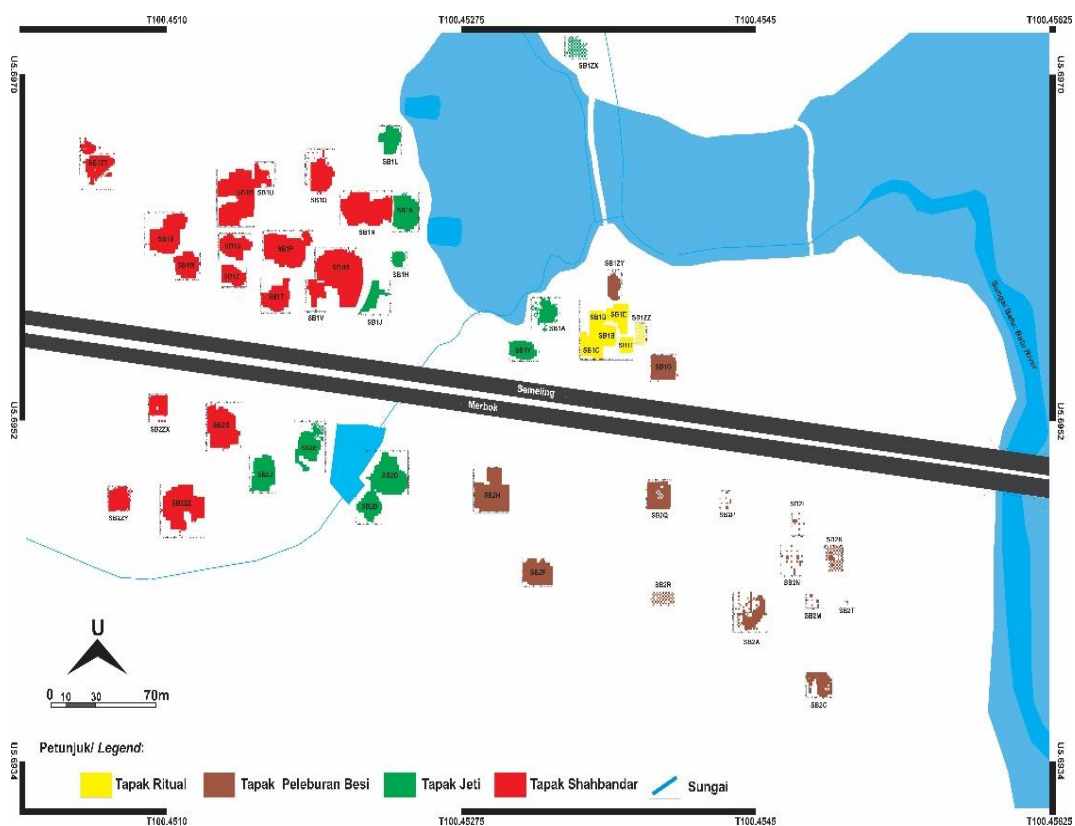
*This research was conducted to establish primary data related to the potential of the Sungai Batu Archaeological Complex as an iron smelting area of Kedah Tua. Accordingly, this study will use survey and core drilling methods to optimize the data findings for this study. The current archaeological evidence reveals this area has been used as the primary and advanced iron smelting industry for the Kedah Tua kingdom since 788 BC. Analysis of core drilling soil samples clearly shows that the area represented a sizeable ancient marine bay before sea level dropped and its environment changed to a river that allowed settlement to be established. The results of the survey around the Sungai Batu Complex also prove that this area has an abundance of products such as iron ore for smelting iron, mangrove trees as iron smelting fuel and alluvial soil used as a raw material for brick making for the*

*construction of monuments which are all catalysts for the development of this area in world iron industry.*

**Keywords:** *Sungai Batu, survey, core auguring, raw material, iron industry*

## PENGENALAN

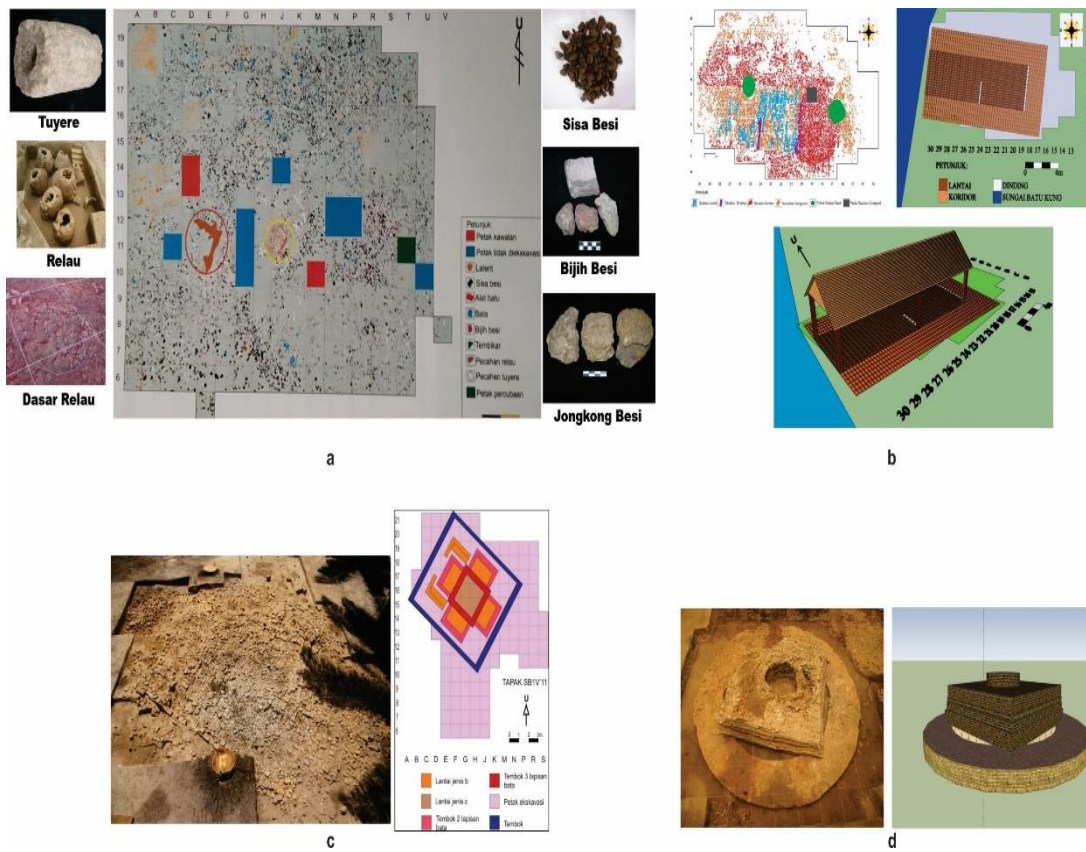
Kajian arkeologi di kawasan Kompleks Arkeologi Sungai Batu (Peta 1) sejak tahun 2009 telah berupaya memetakan kembali bukti seni bina jeti tepi sungai, syahbandar (Mohd Hasfarisham 2019), ritual (Zolkurnian 2018) dan bengkel peleburan besi (Naizatul & Mokhtar 2018 dan Naizatul 2019) Kedah Tua dalam kawasan berkeluasan sekitar 4 kilometer persegi. Berdasarkan temuan berkenaan membolehkan beberapa sampel bata (monumen) dan arang (bengkel peleburan besi) telah diambil bagi mendapatkan data pentarikhan kronometriknya.



Peta 1. Tapak bengkel peleburan besi, jeti, syahbandar dan ritual di Kompleks Arkeologi Sungai Batu yang mencadangkan ia sebagai kawasan industri besi utama Kedah Tua

*Sumber:* Mokhtar 2016

Hasilnya mendedahkan bengkel peleburan besi di Kompleks Arkeologi Sungai Batu telah berlangsung sejak 788 sebelum Masihi sebagai industri berat di Kedah Tua. Selepas industri peleburan besi mulai berkembang pesat maka struktur jeti mula dibina sejak 582 sebelum Masihi dan 487 sebelum Masihi bagi syahbandar untuk mengurus hal ehwal perdagangan di kawasan ini. Pada kurun kedua Masihi barulah monumen ritual dibina yang menjadi manifestasi kefaithan dan keagamaan masyarakat di kawasan ini (Plet 1).



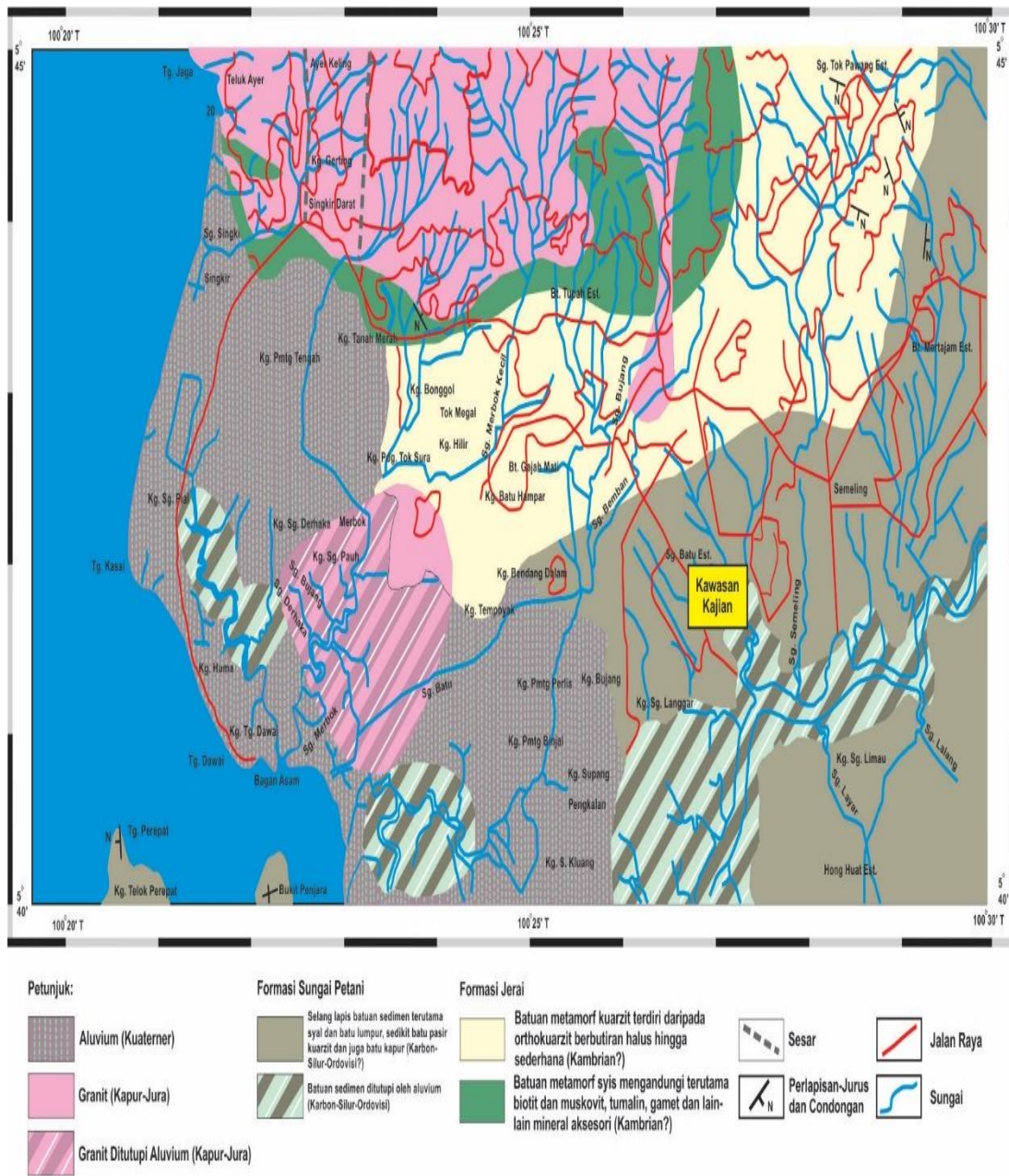
Plet 1. Kajian arkeologi di Kompleks Arkeologi Sungai Batu telah berupaya mendedahkan penemuan bengkel peleburan besi (a), jeti (b), syahbandar (c) dan ritual (d) dalam kawasan berkeluasan empat kilometre persegi

Sumber: Zolkurnian 2018; Naizatun 2019 & Mohd Hasfarisham 2019

Maka kajian arkeologi di Kompleks Arkeologi Sungai Batu secara jelas meletakkan kawasan ini sebagai pembekal besi utama dunia bagi kerajaan Kedah Tua. Bukti arkeologi tersebut jelas mengukuhkan catatan pelayaran dan perdagangan awal oleh I-Tsing (1896); Hoyland dan Gilmour (2006) dan Thilakavathy (2019) yang menyatakan Kedah Tua merupakan pusat penghasilan besi utama dunia sebelum kurun pertama Masihi.

## GEOLOGI SEKITARAN SUNGAI BATU

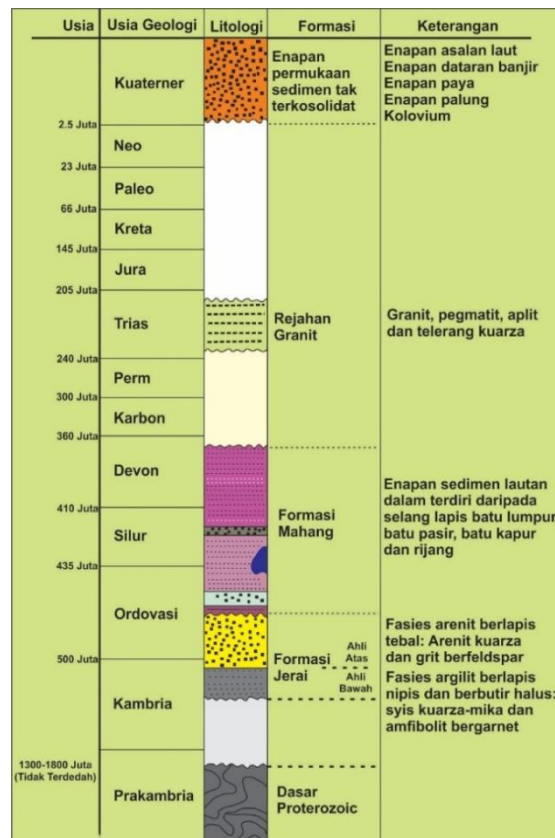
Kompleks Sungai Batu terbentuk dalam dua formasi iaitu Formasi Jerai dan Formasi Mahang yang berusia sekitar 550 juta tahun dahulu (Almashoor 1973). Menurut Bradford (1972) Formasi Mahang berada pada usia Silur Awal manakala Formasi Jerai pula berusia Ordovisi Akhir atau Kambrian. Bradford (1972) dan Almashoor (1973) turut mencadangkan Formasi Jerai telah terbahagi kepada tiga fasies iaitu fasies argilit, fasies arenit dan fasies porfiri kuarza yang hanya ada di kawasan Gunung Jerai (Rajah 1).



Rajah 1. Geologi am dan persekitaran Kompleks Sungai Batu yang terbentuk dengan dua formasi iaitu Formasi Mahang dan Jerai. Kawasan bertanda segi empat tepat merupakan Kompleks Sungai Batu

Sumber: Nor Khairunnisa 2009

Formasi Mahang secara umum mengandungi bahan karbon dan oksida besi. Kandungan geologi Formasi Mahang juga ditafsirkan mengandungi mineral bernilai ekonomi yang tinggi. Penemuan mineral-mineral bernilai ekonomi seperti hematit, magnetit, kasiterit, tantalum, tembaga, emas dan lain-lain mineral adalah disebabkan berlakunya rejeahan lewat selepas rejeahan granit Jerai terjadi (Rajah 2).



Rajah 2. Turus geologi yang memperlihatkan berlakunya rejahan lewat selepas rejahan granit yang menghasilkan mineral bernilai ekonomi

Sumber: Bradford 1972; Che Aziz et al. 2019

Mineral-mineral tersebut telah mengisi retakan dalam granit Jerai, Formasi Mahang dan Formasi Jerai sedia ada. Hal tersebut secara am memberikan maklumat berkaitan potensi kawasan Sungai Batu itu sendiri dalam membekal bahan asas peleburan besi bagi perkembangan ekonomi berasaskan besi Kedah Tua yang diperkukuhkan dengan penemuan mineral bernilai ekonomi yang digunakan sebagai bahan utama peleburan besi di kawasan Kompleks Arkeologi Sungai Batu.

## METODOLOGI KAJIAN

Bagi membuktikan kajian ke atas peta Geologi Syit 2-1/2 dan 2-1/6, maka kajian ini melibatkan beberapa kaedah dalam usaha pengumpulan maklumat. Kaedah survei bagi mendapatkan data bahan mentah (bijih besi dan bakau) yang digunakan dalam aktiviti peleburan besi yang dijalankan di sekitar Kompleks Arkeologi Sungai Batu. Aktiviti survei berkenaan melibatkan penggunaan sistem penentu kedudukan global (GPS) dan buku catatan bagi mencatat maklumat semasa data dicerap.

Selain itu, bagi membuktikan kewujudan sungai kuno dan bahan asas pembuatan dan pembinaan monumen di kawasan ini maka proses penggerudian dalam dijalankan. Jentera gerudi jenama Gemco digunakan dengan kaedah putaran pacuan hidraulik menggunakan *flight-mounted solid auger* (Plet 2) digunakan semasa sampel tanah digerudi. Lubang lokaliti penggerudian ditentukan menerusi data keberintangan elektrik daripada survei geofizik dan berada di dalam Kompleks Arkeologi Sungai Batu supaya datanya dapat diguna pakai dalam pentafsiran potensi kawasan dalam industri peleburan besi dunia.



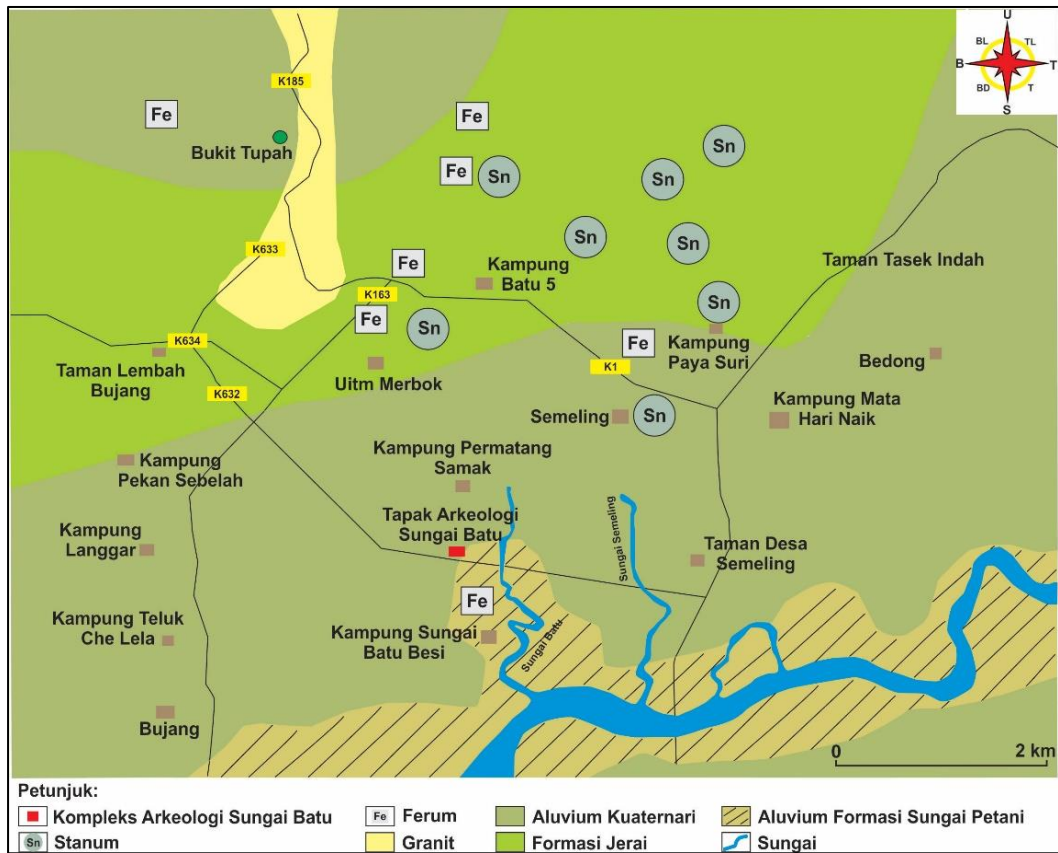
Plet 2. Proses penggerudian dalam yang menerusi kaedah putaran pacuan hidraulik menggunakan *flight-mounted solid auger* di aplikasi di Sungai Batu  
*Sumber: Nor Khairunnisa 2009*

## DATA SURVEI DAN ANALISIS BAHAN ASAS PELEBURAN BESI

Berdasarkan kajian ke atas peta geologi Syit 2-1/2 dan 2-1/6 maka aktiviti survei dijalankan di sekitar kawasan Bujang, UiTM Merbok, Kampung Batu 5, Kampung Sungai Batu Besi, Bukit Tupah dan Semeling. Tafsiran peta geologi di kawasan berkenaan memperlihatkan corak taburan mineral bijih besi, hematit dan magnetit yang tinggi menyebabkan kawasan ini dipilih sebagai kawasan tumpuan survei.

Hasil survei memperlihatkan kawasan Bukit Tupah, UiTM Merbok dan Kampung Batu 5 merupakan kawasan yang direkodkan begitu banyak taburan bijih besi terutama mineral stanum (Sn) dan kasiterit (Peta 2) selain terdapatnya lombong dedah yang masih aktif (Bukit Tupah). Mineral kasiterit merupakan mineral utama bagi pencirian bijih timah (Ngadenin et al. 2017) turut direkodkan ada taburannya di kawasan kajian.

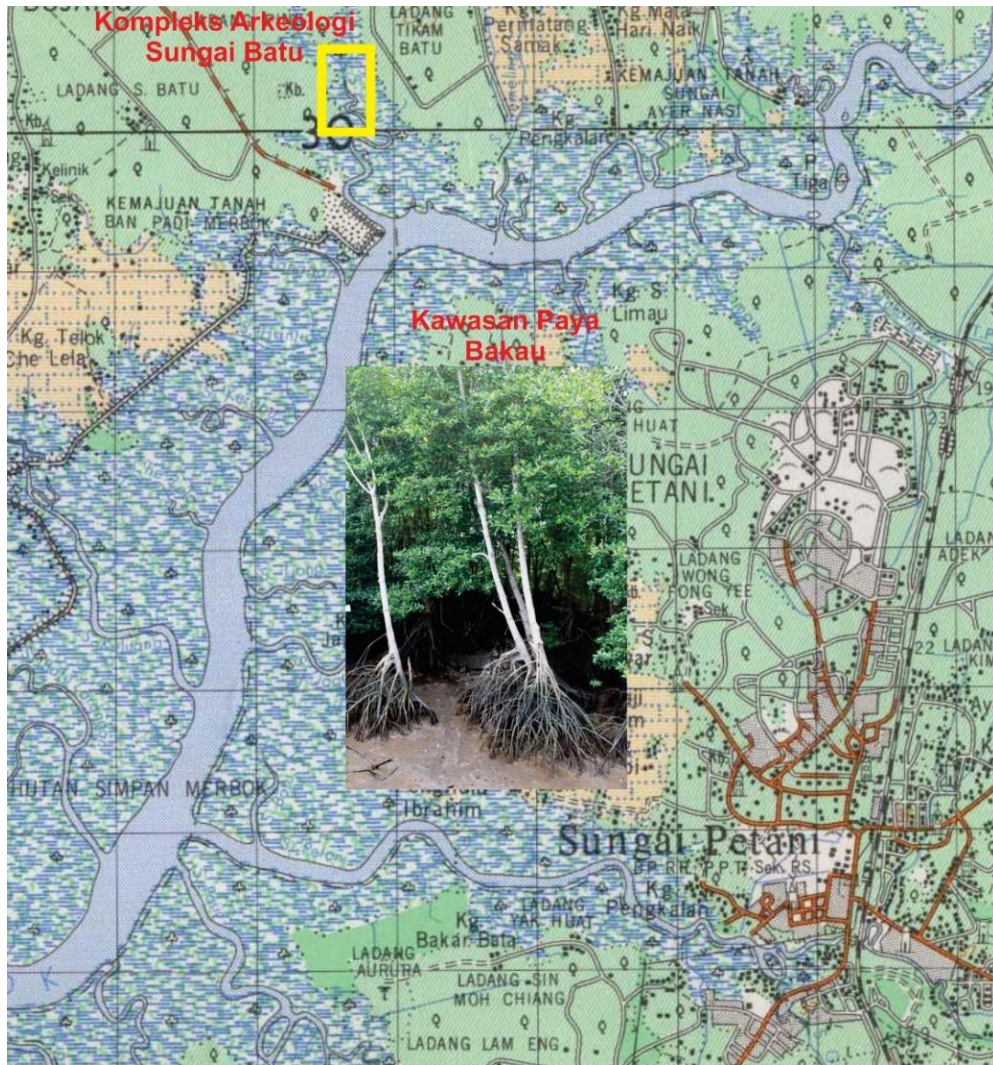
Berdasarkan pensampelan yang diperoleh semasa survei dijalankan membolehkan Naizatul (2012) menjalankan analisis Pendarfluor Sinar-X (XRF) pada sampel bijih besi berkenaan yang jelas memperlihatkan bukti penggunaan bahan asas tempatan yang berdekatan Kompleks Arkeologi Sungai Batu telah digunakan sebagai bahan asas peleburan. Ini kerana hasil analisis XRF jelas menunjukkan bijih besi daripada UiTM Merbok, Bukit Tupah dan Kampung Batu 5 telah digunakan dalam industri besi Kedah Tua di Sungai Batu yang jaraknya kurang enam kilometer daripada Kompleks Arkeologi Sungai Batu ini.



Peta 2: Peta geologi kawasan berhampiran Kompleks Arkeologi Sungai Batu yang ditemui mineral besi untuk tujuan peleburan besi kuno

Sumber: Naizatul 2012

Selepas itu, data berkaitan bahan bakar untuk industri besi bagi tujuan peleburan bijih besi turut dijalankan kajian. Berdasarkan peta topografi (Rajah 3) kawasan sekitaran Sungai Merbok jelas mendedahkan kawasan paya bakau menjangkau lebih 10 kilometer persegi telah digunakan sebagai bahan bakar dalam industri besi Kedah Tua. Kajian Naizatul (2019) terhadap pemetaan bahan bakar analisis saintifik *SEM-EDX* terhadap kelembapan sampel arang (Jadual 1) telah memperlihatkan kandungan karbon sekitar 50.51 ke 68.81% yang menghampiri peratusan arang kualiti baik digunakan dalam aktiviti peleburan besi. Kehadiran unsur Kalsium (Ca) pada kesemua sampel arang yang dianalisis juga menunjukkan ia diambil daripada sumber yang sama. Fotomikrograf arang (Plet 3) yang dijalankan kajian juga mendedahkan ia berasal daripada jenis kayu keras berdasarkan tekstur arang yang padat dan berongga (porositi). Berdasarkan analisis *SEM-EDX* mencadangkan kemungkinan bakau Merbok telah dijadikan bahan bakar utama dalam industri peleburan besi Kedah Tua di Kompleks Arkeologi Sungai Batu.



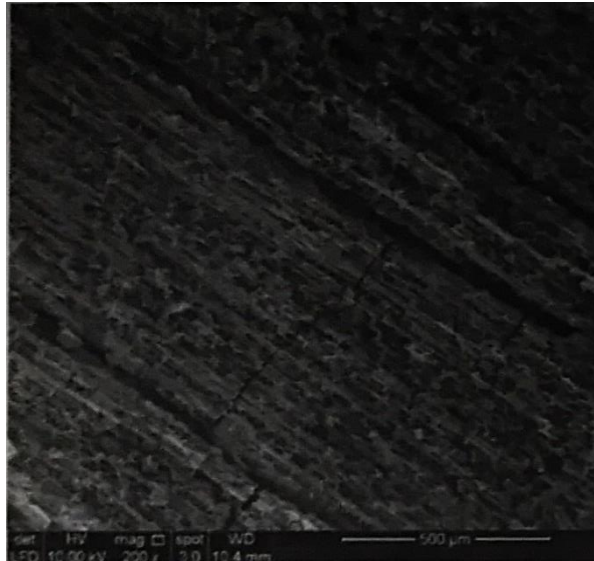
Rajah 3. Kawasan paya bakau di sepanjang Sungai Merbok yang berada berdekatan dengan Kompleks Arkeologi Sungai Batu  
*Sumber:* Mohd Amin et al. 2021

Jadual 1. Analisis SEM-EDX yang menunjukkan peratusan kelembapan sampel arang

No Sampel	Komposisi % Berat										% Kelembapan
	C	Si	Al	Mg	Ca	P	Br	Cl	Fe	O	
SB2A(A1)	68.39	1.69	1.27	0.18	0.77	-	-	-	-	27.69	13.89
SB2A(A2)	56.69	-	2.20	-	0.45	-	-	-	-	40.66	18.89
SB2C(A3)	68.81	0.71	1.22	-	1.11	-	-	-	-	28.15	10.9
SB2C(A4)	58.22	1.19	3.65	-	-	-	-	-	-	36.94	15.01
SB1G(A5)	50.50	4.09	5.48	0.09	0.17	-	-	-	-	39.85	11.64
SB1G(A6)	57.86	-	3.90	-	0.25	-	-	-	-	37.98	11.84
SB2F(A7)	66.59	1.00	1.32	0.08	0.50	-	-	-	-	30.51	17.10
SB2F(A8)	66.88	0.91	1.25	-	0.43	-	-	-	-	30.52	16.50
SB1ZY(A9)	59.11	-	3.10	-	0.33	-	-	-	-	37.45	18.46
SB1ZY (A10)	41.32	6.11	5.31	0.09	0.22	0.11	-	-	4.37	42.46	14.67
SB2H (A11)	17.18	1.46	-	0.21	0.96	-	0.31	0.58	41.01	37.29	20.47
SB2H (A12)	58.09	0.43	2.73	-	-	-	-	-	-	38.75	29.29

*Sumber:* Naizatul 2019





Plet 3. Fotomikrograf arang tapak bengkel peleburan besi yang menunjukkan bahan bakar peleburan besi diambil daripada kayu keras

*Sumber:* Naizatul 2019

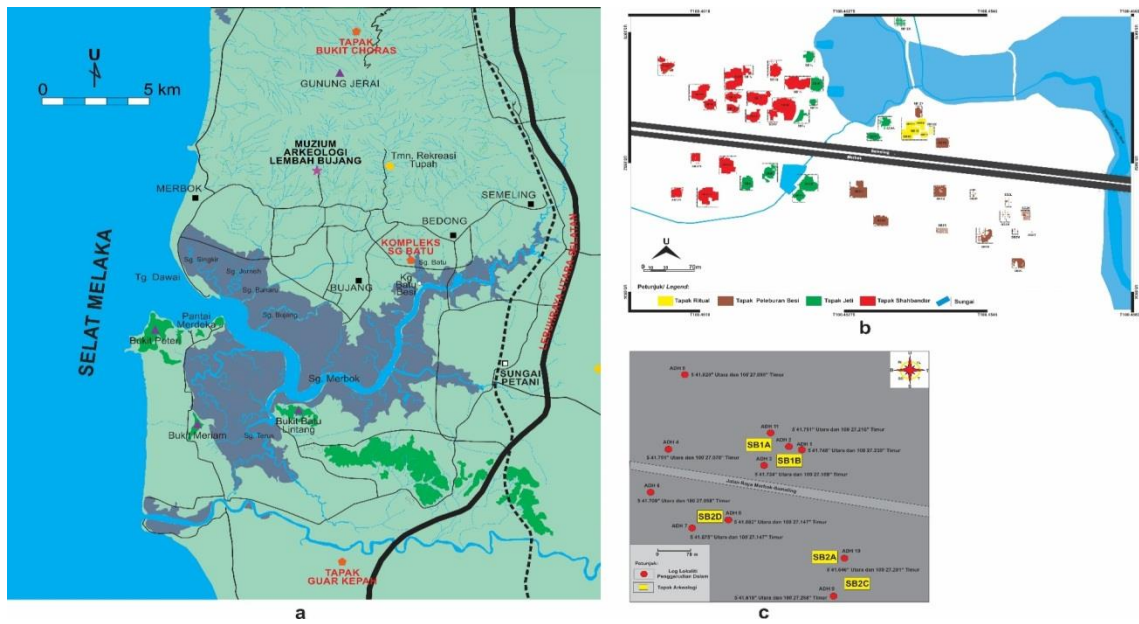
Berdasarkan data survei bahan asas dan analisis saintifik yang dijalankan jelas memperlihatkan potensi kawasan Kompleks Arkeologi Sungai Batu menjadi kawasan industri besi yang berjaya adalah disebabkan kemampuan sekitarnya untuk membekal bahan asas bijih besi, magnetit, hematit dan bakau bagi tujuan peleburan. Tambahan pula kawasan ini dicadangkan mempunyai sungai luas dan yang membolehkan proses perdagangan berjalan dengan berkesan. Bagi mendapatkan data berkaitan kewujudan aliran sungai dan sumber aluvium untuk tujuan pembuatan dan pembinaan monumen di kawasan ini, maka kajian penggerudian dalam telah diaplikasikan di kawasan Sungai Batu yang datanya akan dibincangkan dengan lebih teliti.

#### **ANALISIS DATA PENGGERUDIAN DALAM KOMPLEKS ARKEOLOGI SUNGAI BATU**

Bagi mendapatkan data berkaitan proses sedimentasi yang berlangsung di kawasan Kompleks Sungai Batu, maka aktiviti penggerudian dalam dijalankan. Sebanyak 11 lubang lokaliti telah dipilih bagi menjalani kaedah penggerudian dalam (Rajah 4). Lubang lokaliti tersebut turut diambil bacaan koordinat *GPS (Global Positioning System)* bagi memetakan lubang lokaliti berkenaan di kawasan Kompleks Sungai Batu. Proses penggerudian dalam tersebut dijalankan dengan kerjasama kumpulan pakar daripada Jabatan Mineral dan Geosains Ipoh.

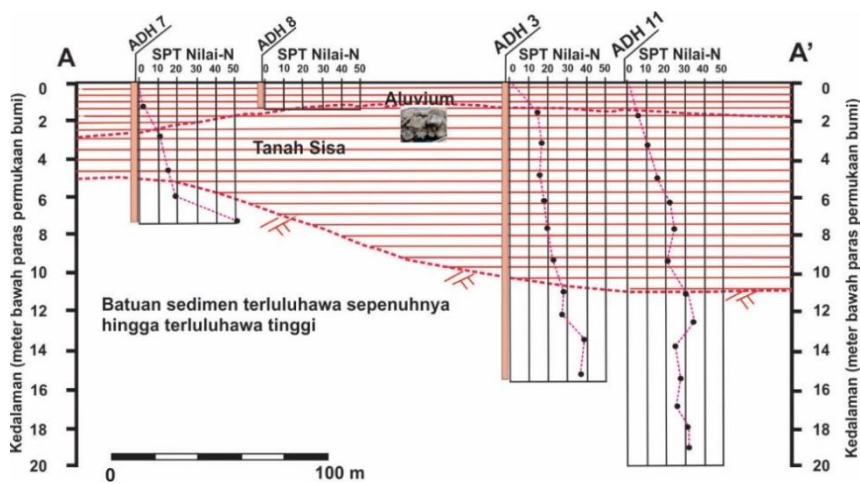
Setiap lubang lokaliti tersebut digerudi sehingga ke lapisan dasarnya dan sampel tanahnya diambil bagi tujuan pengumpulan data stratigrafi sedimentasi yang telah berlaku di kawasan ini. Semasa penggerudian dalam dijalankan setiap perubahan tanah dicatatkan berdasarkan sampel dan lokaliti tanah berkenaan. Data berkaitan komposisi, warna (menggunakan buku *munsell chart*), bentuk dan keliatan tanah dicatatkan bagi membolehkan perbandingan sekitaran pengendapan dan kandungan organik serta mineral yang terdapat pada setiap sampel dijalankan. Data primer yang diperoleh kemudiannya akan diproses bagi membolehkan log jujukan tanah dapat dihasilkan.

Berdasarkan log jujukan tanah yang diperoleh membolehkan maklumat berkaitan aliran sungai kuno dapat diketahui dan direkodkan. Selain itu, hasil penggerudian dalam ini juga membolehkan perekodan data berkaitan pemendapan aluvium dicatatkan. Pemendapan aluvium yang terjadi di kawasan ini akhirnya akan menjadi petunjuk kepada kewujudan sumber aluvium di kawasan ini yang digunakan dalam proses pembuatan dan pembinaan monumen.



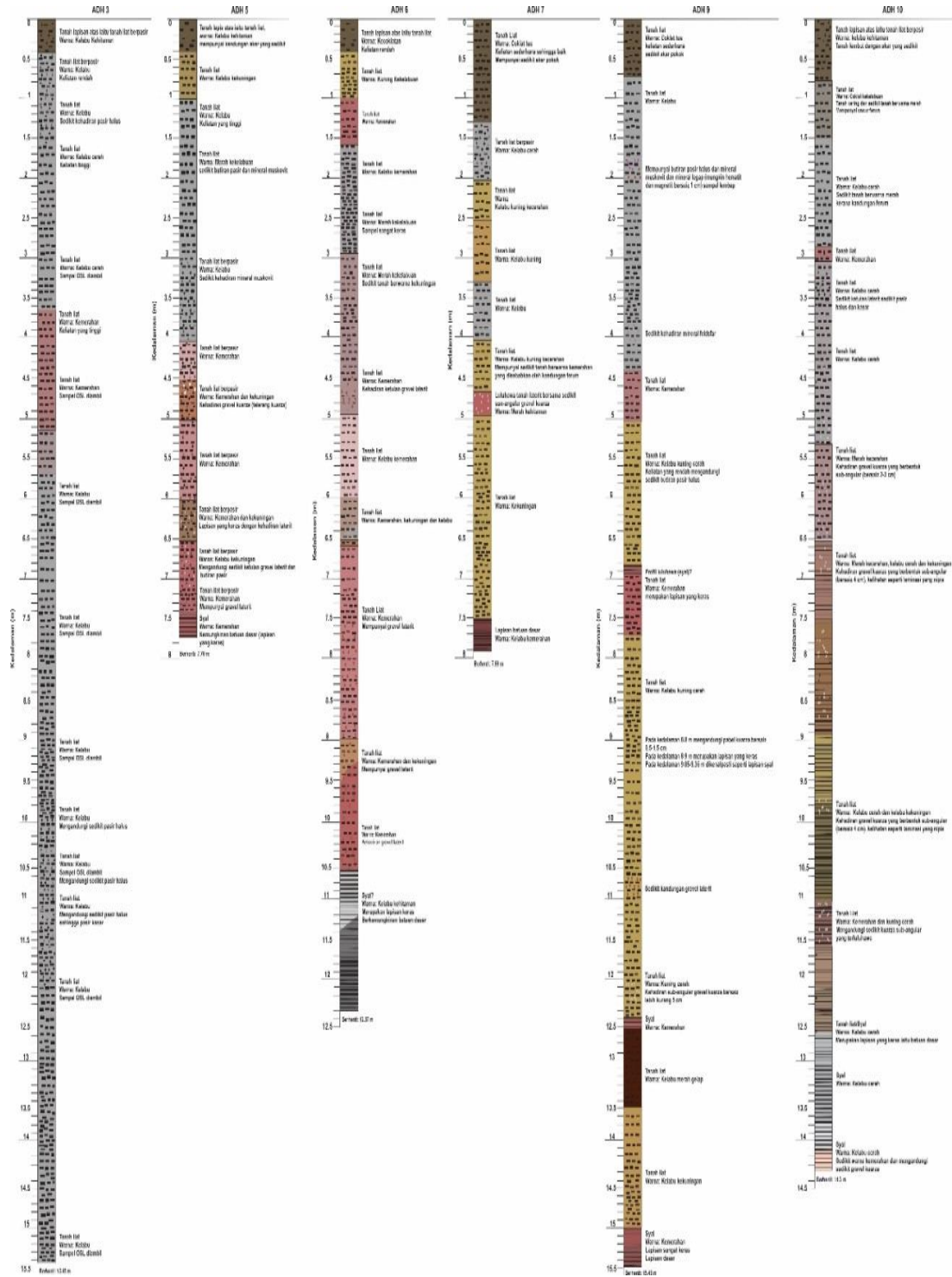
Rajah 4. Tapak Arkeologi Sungai Batu (a, b) di kawasan Lembah Bujang dan lokasi lokaliti penggerudian (c) di kawasan Kompleks Arkeologi Sungai Batu bagi mengenal pasti potensinya sebagai kawasan industry.  
 Sumber: Nor Khairunnisa 2009

Hasil penggerudian dalam yang dilakukan ke atas 11 lokaliti penggerudian mencadangkan kawasan Kompleks Sungai Batu terdiri daripada beberapa enapan tanah seperti enapan aluvium, lapisan tanah dan batuan sedimen yang telah terluluhawa sepenuhnya dan terluluhawa tinggi (Rajah 5). Enapan aluvium berkenaan adalah berketebalan sekitar 3 meter kecuali di lokaliti ADH 9 yang mencapai ketebalan 4.5 meter. Batuan sedimen terluluhawa sepenuhnya hingga terluluhawa tinggi dicirikan oleh batuan lempung atau lodak yang mempunyai ciri yang sama dengan fasies argilit daripada Formasi Sungai Petani dan mempunyai kandungan besi oksida yang tinggi (Bradford 1972). Lapisan ini ditemui pada kedalaman 5.0-18.5 meter yang mengisi rekahan dalam batuan sebagai unsur minor.

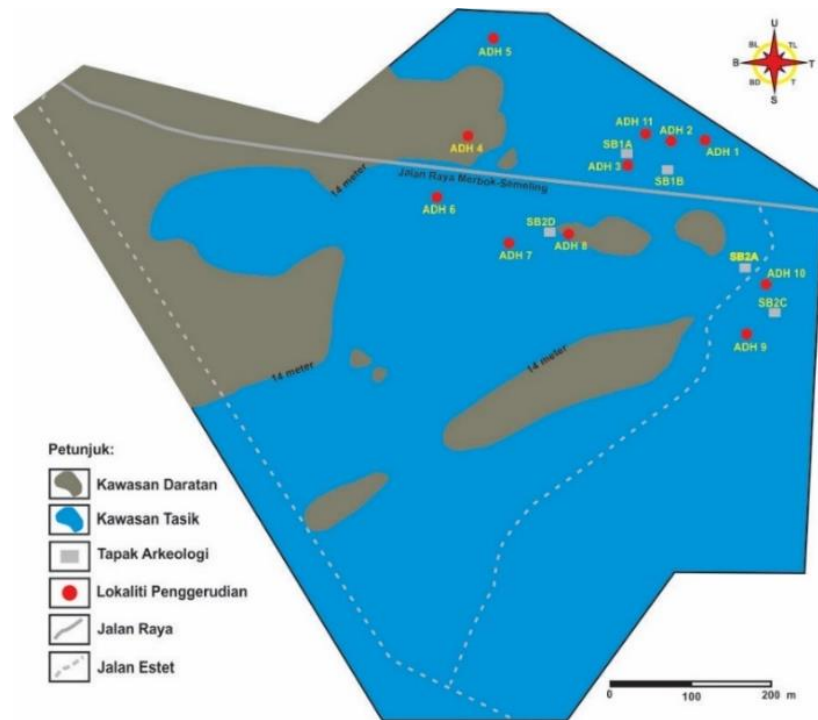


Rajah 5. Keratan rentas sub permukaan kawasan lokaliti penggerudian  
 Sumber: Nor Khairunnisa 2009

Berdasarkan kepada log penggerudian ADH3, ADH5, ADH6, ADH7, ADH 9 dan ADH 10 (Rajah 6) mencadangkan kedalaman tanah liat adalah sekitar 0.5 meter hingga 4.5 meter dan sekitaran teluk pada ketika itu adalah 14 meter daripada aras laut (Rajah 7). Ini bermakna hampir keseluruhan tapak Sungai Batu masih mewakili sekitaran teluk yang besar pada masa tersebut dan belum sesuai dijadikan kawasan petempatan dan industri.

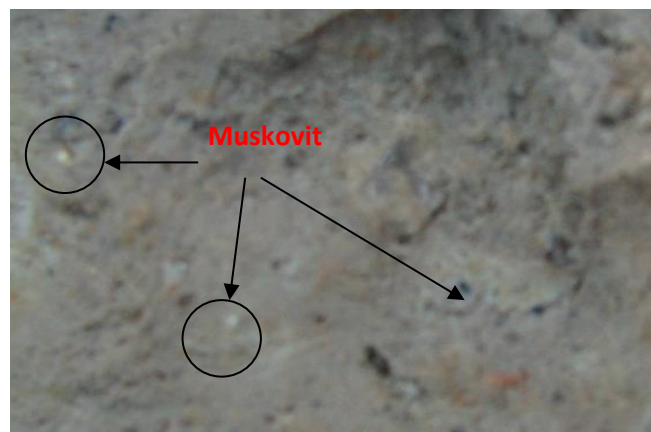


Rajah 6. Jujukan log stratigrafi lokaliti penggerudian ADH3, ADH5, ADH6, ADH7, ADH 9 dan ADH 10 di Kompleks Sungai Batu  
 Sumber: Nor Khairunnisa 2009



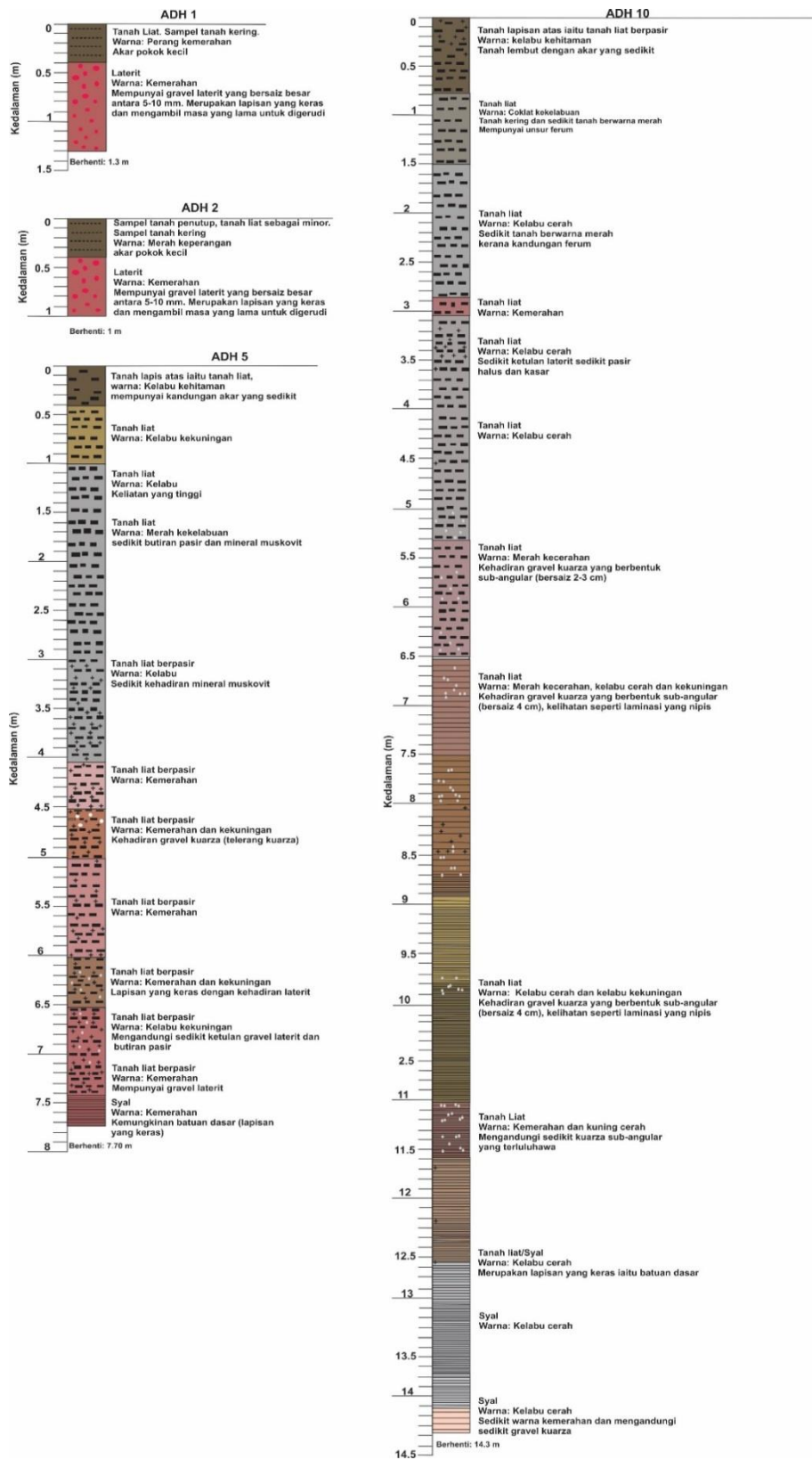
Rajah 7. Persekitaran tasik di Sungai Batu berdasarkan olahan data penggerudian dalam  
*Sumber: Nor Khairunnisa 2009*

Selepas aliran teluk ini mengering barulah wujudnya sungai kuno di kawasan Sungai Batu dan bermulalah petempatan yang akhirnya berkembang menjadi industri besi. Hal tersebut diperkukuhkan dengan penemuan muskovit dalam enapan aluvium (Plet 4) pada log penggerudian ADH5, ADH 9 dan pembentukan kemasukan besi pada log penggerudian ADH1 dan ADH 2 (Rajah 8). Hal ini terjadi akibat daripada pemendapan aliran sungai (Rajah 9) daripada Gunung Jerai yang pernah wujud di kawasan ini.

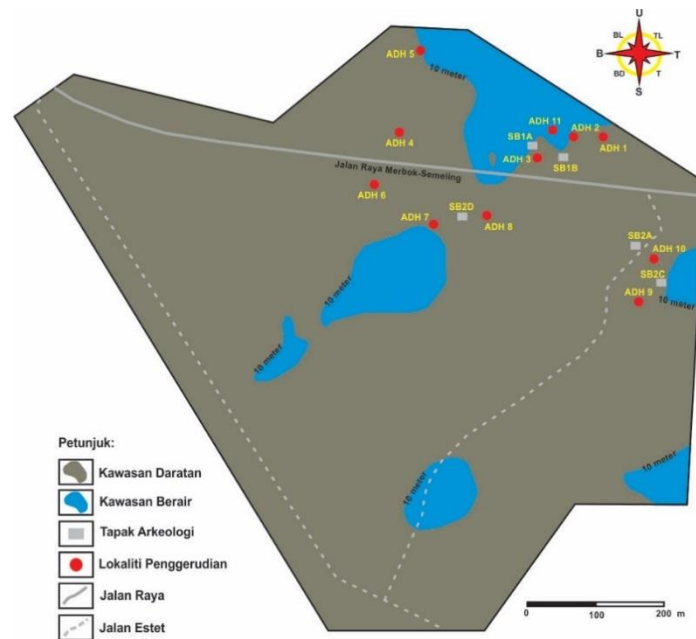


Plet 4. Hasil penggerudian dalam pada log penggerudian ADH5 dan ADH 9 yang menunjukkan kehadiran muskovit (bulatan hitam) yang mencadangkan adanya aliran sungai kuno di kawasan berkenaan

*Sumber: Nor Khairunnisa 2009*



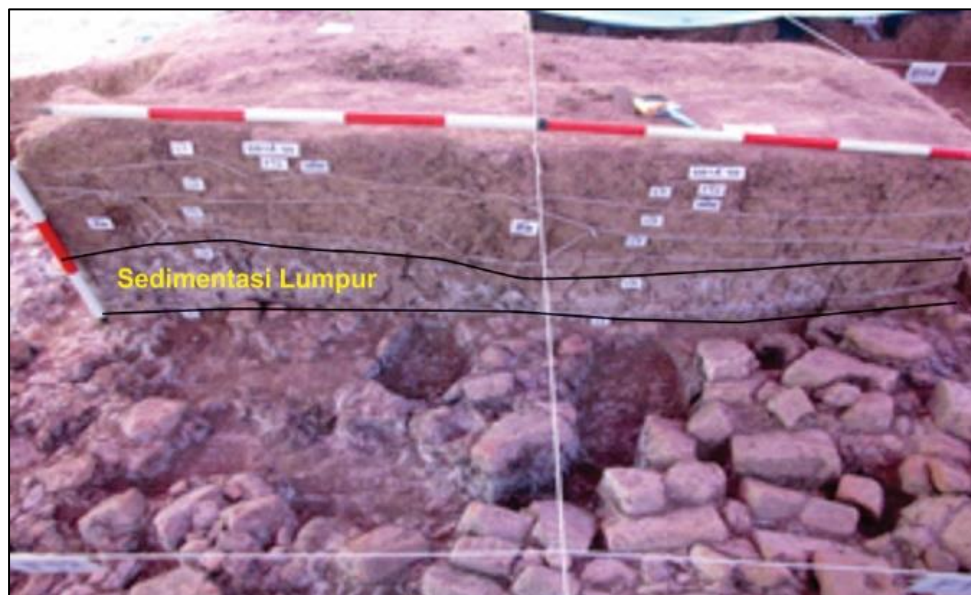
Rajah 8. Jujukan log stratigrafi ADH 1, ADH 2, ADH 5 dan ADH 10 yang menunjukkan adanya lapisan sedimentasi lumpur  
*Sumber: Nor Khairunnisa 2009*



Rajah 9. Persekitaran Sungai Batu yang memperlihatkan aras laut mulai menurun dan daratan mula muncul yang membolehkan kawasan ini dihuni sebagai kawasan industri

*Sumber: Nor Khairunnisa 2009*

Aliran sungai kuno juga di cadang sama alirannya dengan kawasan berpayu sekarang. Hal tersebut jelas kelihatan pada lapisan stratigrafi di tapak jeti SB1A yang mendedahkan lapisan sedimentasi lumpur (Plet 5). Enapan sedimentasi lumpur berkenaan turut kelihatan pada log penggerudian ADH1, ADH2, ADH5 dan ADH10 (Nor Khairunnisa 2009) yang mengukuhkan lagi interpretasi berkaitan kewujudan aliran sungai kuno yang berkelebaran 100 meter di kawasan tersebut.



Plet 5. Mendapan sedimentasi lumpur pada lapisan stratigrafi di tapak jeti SB1A yang berada di bahagian pinggir tebing sungai kuno

*Sumber: Zolkurnian 2009*

Selain itu, data penggerudian dalam ini juga jelas mendedahkan enapan aluvium (Plet 6) sekitar 3-4.5 meter menunjukkan kelimpahan bahan asas tanah liat bagi pembuatan dan pembinaan monumen di Kompleks Sungai batu. Analisis Pendarfluor Sinar-X (*XRF*) unsur major terhadap sampel tanah dan bata (Jadual 1) dan unsur surih (Jadual 2) juga memperlihatkan persamaan kandungan unsur yang mengukuhkan interpretasi berkaitan penggunaan bahan asas di kawasan Kompleks Sungai Batu itu sendiri dalam proses pembuatan dan pembinaan monumen jeti, syahbandar dan ritual.

Jadual 2. Analisis *XRF* sampel tanah liat dan bata di Kompleks Sungai Batu

NO. SAMPSEL	KANDUNGAN UNSUR (%)									
	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
<b>Tanah Liat</b>										
1	75.77	0.78	16.00	1.80	0.01	0.48	0.03	0.06	0.77	0.02
2	75.85	0.74	15.52	1.73	0.01	0.44	0.02	0.07	0.72	0.02
3	71.97	0.79	17.04	1.89	0.01	0.46	0.03	0.06	0.76	0.03
4	69.57	0.83	18.05	1.88	0.01	0.54	0.02	0.06	0.83	0.01
5	69.76	0.83	18.05	1.88	0.01	0.54	0.02	0.06	0.83	0.01
6	74.31	0.76	16.03	1.90	0.01	0.48	0.03	0.08	0.74	0.02
7	73.05	0.77	14.80	1.64	0.01	0.42	0.04	0.06	0.66	0.06
8	79.78	0.60	11.61	1.30	0.01	0.35	0.03	0.08	0.52	0.04
9	69.17	0.90	17.93	2.07	0.01	0.51	0.02	0.06	0.82	0.02
10	74.38	0.80	15.50	1.82	0.01	0.47	0.06	0.06	0.75	0.02
11	76.17	0.70	14.16	1.81	0.01	0.39	0.04	0.08	0.63	0.03
12	76.73	0.74	14.78	1.72	0.01	0.42	0.03	0.06	0.65	0.01
13	72.10	0.80	16.94	1.83	0.01	0.49	0.03	0.07	0.76	0.02
14	75.73	0.78	15.15	1.93	0.01	0.46	0.02	0.06	0.68	0.01
15	69.63	0.90	17.81	1.99	0.01	0.49	0.03	0.06	0.79	0.02
<b>Bata</b>										
1	59.08	1.10	20.94	3.36	0.02	0.48	0.03	0.06	0.63	0.05
2	54.44	1.26	29.67	5.43	0.02	1.20	0.03	0.03	0.33	0.05
3	56.64	1.07	21.44	4.02	0.02	0.27	0.03	0.09	0.68	0.05
4	64.89	1.02	24.09	2.41	0.02	0.66	0.04	0.09	0.50	0.03
5	64.80	0.95	22.04	2.81	0.02	0.70	0.48	0.12	0.57	0.06
6	62.99	0.84	23.71	2.23	0.02	0.52	0.03	0.06	0.43	0.04
7	64.46	0.81	18.93	4.21	0.02	0.28	0.03	0.08	0.82	0.04
8	62.91	1.09	25.84	2.43	0.02	0.73	0.01	0.04	0.23	0.03
9	61.83	1.11	25.66	2.37	0.02	0.69	0.01	0.04	0.23	0.03
10	61.67	0.96	18.91	4.30	0.02	0.32	0.02	0.07	0.76	0.03
11	70.77	0.81	18.62	1.29	0.02	0.20	0.03	0.12	0.42	0.03
12	62.46	0.89	20.61	2.92	0.02	0.70	0.03	0.07	0.89	0.03
13	62.28	0.93	20.38	3.14	0.02	0.33	0.03	0.10	0.81	0.04
14	65.79	0.76	21.43	1.63	0.02	0.26	0.06	0.11	0.64	0.04
15	68.20	0.96	21.87	2.40	0.02	0.67	0.02	0.04	0.10	0.02

Sumber: Mohd Hasfarisham 2019

Jadual 3: XRF unsur surih sampel bata dan tanah liat di Kompleks Arkeologi Sungai Batu\*

KOD SAMPSEL	UNSUR SURIH ( $\mu\text{g/g}$ )																				
	Bi	Br	Ce	Cl	Cr	Cu	Ga	Nb	Ni	Pb	Rb	S	Sr	Th	Y	Zn	Zr	Au	F	Pr	Hf
<b>BATA</b>																					
1	20	10	150	530	80	-	10	20	bdl	40	30	1120	10	40	20	40	290	-	-	-	-
2	-	10	-	400	110	bdl	20	20	bdl	40	50	2310	20	-	20	50	240	-	-	690	-
3	-	bdl	220	450	80	40	400	20	30	30	50	1150	10	bdl	20	30	270	-	720	-	-
4	-	10	-	240	80	40	310	10	40	40	20	2260	bdl	-	20	40	390	-	-	-	-
5	-	10	-	150	70	270	20	20	-	30	20	1580	10	-	20	50	390	-	-	-	-
6	-	10	bdl	170	80	50	240	20	bdl	30	30	450	10	20	20	40	320	-	-	-	-
7	-	10	-	200	90	20	170	20	50	30	30	920	10	-	20	50	260	-	590	-	-
<b>TANAH LIAT</b>																					
8	-	10	-	370	60	20	20	20	40	30	40	550	20	-	20	40	300	-	570	-	-
9	-	bdl	-	100	50	-	150	20	bdl	30	30	190	20	-	20	30	320	-	530	-	60
10	-	-	-	130	40	-	240	20	-	30	40	190	20	-	20	20	320	-	520	-	-
11	-	10	-	120	50	bdl	250	20	-	30	40	230	20	30	20	40	310	-	bdl	-	-
12	20	10	-	140	70	-	10	30	-	30	30	230	10	-	20	40	400	-	-	-	-
13	-	bdl	-	100	70	20	230	20	-	30	40	130	20	bdl	30	20	280	-	-	-	-
14	-	10	-	120	80	bdl	20	20	-	30	30	340	20	-	20	30	330	-	-	-	-

\*bdl: Di bawah had pengesanan

Bismut (Bi); Bromin (Br); Serium (Ce); Klorin (Cl); Kromium (Cr); Kuprum (Cu); Galium (Ga); Niobium (Nb); Nikel (Ni); Plumbum (Pb); Rubidium (Rb); Sulfur (S); Strontium (Sr); Torium (Th); Yttrium (Y); Zink (Zn); Zirkonium (Zr); Emas (Au); Ferum (F); Praseodymium (Pr); Hafnium (Hf)

Sumber: Mohd Hasfarisham 2019

## KESIMPULAN

Kajian lapangan yang melibatkan kaedah survei bahan asas peleburan besi dan penggerudian dalam telah membantu dalam pentafsiran potensi kawasan Kompleks Sungai Batu dalam perkembangan industri peleburan besi dunia. Kewujudan bahan buminya seperti bijih besi, magnetit, hemetit dan bakau sebagai bahan bakar yang banyak amat membantu dalam perkembangan industri berasaskan besi di kawasan ini. Tambahan pula dengan adanya aliran sungai yang dalam iaitu sekitar 100 meter lebar dan 30 meter dalam juga membolehkan kapal dagang menelusuri sehingga ke kawasan ini.

Malah dengan adanya endapan aluvium juga membolehkan kearifan tempatan berkaitan pembuatan bata dan pembinaan struktur jeti dilakukan bagi memudahkan urusan perdagangan. Analisis terhadap data survei bahan asas dan penggerudian dalam juga memberikan maklumat penting bahawa masyarakat Kedah Tua terutama di kawasan Sungai Batu telah mempunyai pengetahuan yang luas berkaitan disiplin paleoalam iaitu dalam proses pemilihan kawasan paling berpotensi untuk dijadikan pusat perdagangan utama Kedah Tua sejak 788 sebelum Masihi.

## Penghargaan

Kajian ini dijalankan di bawah geran “Kajian Arkeologi Sungai Batu (1001/PARKEO/870007)”. Ucapan terima kasih ditujukan kepada Dato’ Profesor Dr. Mokhtar Saidin, Pengarah Pusat Arkeologi Sungai Batu atas tunjuk ajar, bimbingan dan nasihat ketika kajian ini berlangsung. Selain itu, bantuan daripada staf dan rakan penyelidik yang terlibat secara langsung dan tidak langsung di dalam penyelidikan ini turut diucapkan ribuan terima kasih.

## RUJUKAN

- Almashoor, S.S. 1973. *Geology of Gunung Jerai*. Tesis Sarjana, Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Bradford, E.F. 1972. *Geology and Mineral Resource of The Gunung Jerai Area, Kedah*. Geological Survey Headquarters, Ipoh.
- Che Aziz Ali, Hamzah Mohamad dan Nor Khairunnisa Talib. 2019. *Warisan Geologi*. Dlm. Mokhtar Saidin & Ibrahim Komoo (pnyt.). *Jerai Geopark Warisan Geologi, Geoarkeologi dan Biologi*. Pulau Pinang: Penerbit Universiti Sains Malaysia.
- Hoyland, R.G. dan Gilmour, B. 2006. *Medieval Islamic Sword and Swordmaking*. Gibb: Memorial Truss.



- I-Tsing. 1896. *A Record of The Buddhist Religion As Practised In India and The Malay Archipelago (A.D. 671-695)*. Takakusu, J. (Terj.). Oxford: The Clarendon Press.
- Mohd Amin Ali, Mohd Hasfarisham Abd Halim, Syekh Sahibul Karamah Masnan dan Mokhtar Saidin. 2021. The Biological Diversit of Sungai Merbok in Fulfill Requirement Of Criterea For Natural Tourism. *Quantum Journal of Social Science* 2(4): 53-66.
- Mohd Hasfarisham Abd Halim. 2019. Sumbangan Kajian Di Tapak SB1Y, SB2G, SB2J dan SB2ZZ Kepada Bukti Seni Bina Pelabuhan Di Kompleks Sungai Batu, Lembah Bujang, Kedah. Tesis Doktor Falsafah, Pusat Penyelidikan Arkeologi Global, Universiti Sains Malaysia.
- Mokhtar Saidin. 2016. Kedah Tua Kingdom: New Evidence from Sungai Batu Complex. Kertas Kerja Yang Dibentangkan Di Kedah Tua International Conference. Park Avenue Hotel, Sungai Petani, Kedah, Malaysia, 21-22 May 2016.
- Naizatul Akma Mohd Mokhtar. 2012. Ekskavasi Tapak peleburan Besi SB2A, Sungai Batu, Lembah Bujang. Tesis Sarjana, Pusat Penyelidikan Arkeologi Global, Universiti Sains Malaysia.
- Naizatul Akma Mohd Mokhtar. 2019. Kajian Industri Peleburan Besi di Kompleks Sungai Batu, Lembah Bujang Daripada Perspektif Arkeometalurgi. Tesis Doktor Falsafah, Pusat Penyelidikan Arkeologi Global, Universiti Sains Malaysia.
- Naizatul Akma Mohd Mokhtar dan Mokhtar Saidin. 2018. Sumbangan Lembah Bujang Terhadap Industri Besi di Malaysia. *MELAYU, Jurnal Antarabangsa Dunia Melayu* 2(11): 183-200.
- Ngadenin, Frederikus D. I., Adhika, J.K. dan Ersina, R. 2017. Geologi dan Identifikasi Cebakan Bijih Di Daerah Batubesi, Belitung Timur. *Eksplorium* 38(1): 7-18.
- Nor Khairunnisa Talib. 2009. Laporan Awal Penggerudian Sungai Batu, Lembah Bujang, Kedah. Universiti Sains Malaysia, Pulau Pinang, Tidak Diterbitkan.
- Thilakavathy, M. 2019. *SANGAM TAMILS: With Special Reference to Pattinapalai*. Chennai: MJP Publishers.
- Zolkurnian Hassan. 2009. Laporan Akhir Tapak SB1A, Kompleks Sungai Batu, Lembah Bujang, Kedah. Pusat Penyelidikan Arkeologi Global, Universiti Sains Malaysia, Pulau Pinang, Tidak Diterbitkan.
- Zolkurnian Hassan. 2018. Tapak SB1B Sungai Batu, Kedah Malaysia: Pertaliannya Kepada Sejarah Senibina dan Sosio-Budaya Tanah Besar Asia Tenggara. *Jurnal Persatuan Muzeum Malaysia (PURBA)* 37: 20-43.

Mohd Hasfarisham Abd Halim (Ph.D)  
 Pusat Penyelidikan Arkeologi Global  
 Universiti Sains Malaysia  
 11800  
 Pulau Pinang  
 E-mel: mhasfarisham@gmail.com

Shyeh Sahibul Karamah Masnan  
 Pusat Penyelidikan Arkeologi Global  
 Universiti Sains Malaysia, 11800  
 Pulau Pinang  
 E-mel: syehsa@driveattic.com

Nor Khairunnisa Talib (Ph.D)  
 Pusat Penyelidikan Arkeologi Global  
 Universiti Sains Malaysia, Pulau Pinang  
 E-mel: yasa852002@yahoo.com

Mokhtar Saidin (Ph.D)  
 Professor  
 Pusat Penyelidikan Arkeologi Global  
 Universiti Sains Malaysia, 11800  
 Pulau Pinang  
 E-mel: mmokh@usm.my

Diserahkan: 22 Julai 2021  
Diterima: 10 September 2021  
Diterbitkan: 30 September 2021