

# SUMBANGAN LEMBAH BUJANG TERHADAP INDUSTRI BESI DI MALAYSIA

*(The Contributions of Lembah Bujang to the Iron Industry in Malaysia)*

*Naizatul Akma Mokhtar*  
nazatulm@gmail.com

*Mokhtar Saidin*  
mmokh@usm.my

Pusat Penyelidikan Arkeologi Global,  
Universiti Sains Malaysia.

## **Abstrak**

Zaman besi mewakili salah satu zaman logam dalam kebudayaan prasejarah, iaitu selepas zaman paleolitik, mesolitik dan neolitik. Namun begitu, bukti zaman besi prasejarah di Malaysia sangat sedikit dan tidak lengkap. Bukti terawal besi prasejarah di Malaysia ditemui dalam bentuk artifak besi di Gua Batu Kurau, Perak, yang berusia 1300 tahun dahulu. Hampir kesemua penemuan adalah dalam bentuk artifak besi yang telah siap, kecuali di tapak Santubong, Sarawak dan Tembeling, Pahang yang ditemui bukti adanya peleburan, namun asosiasinya tidak jelas. Oleh itu, kesemua penemuan awal tersebut mempunyai isu pentarikhan dan kronologi, malah ada isu peleburan dan teknologi. Keadaan ini menyebabkan pengetahuan tentang zaman besi di Malaysia sangat longgar. Walau bagaimanapun, mulai tahun 2009, pengetahuan tentang besi negara dilengkapkan dengan data dari tapak Sungai Batu, Kedah. Pendekatan kaedah arkeogeologi dan analisis saintifik besi mendedahkan wujudnya bengkel peleburan besi sejak 535 tahun Sebelum Masihi. Penemuan bengkel ini sangat penting untuk mengetahui asas industri besi negara dan urutan kronologinya. Oleh itu, artikel ini membincangkan sumbangan kompleks Sungai Batu, Lembah Bujang terhadap industri besi negara.

Kata kunci: tapak Sungai Batu, Kedah, peleburan besi, arkeogeologi

## **Abstract**

*The iron age is considered to be part of the prehistoric periodization in Malaysian Cultural History. However, until the discovery of the Sungai Batu Archaeological Complex, discoveries related to this period were extremely scarce. The earliest*

*prehistoric iron age artifacts dated 1300 B.P. were found in Batu Kurau, Perak. Most of these discoveries consisted of complete tools and implements found in Santubong and Tembeling with unclear archaeological contexts, with the latter being the only evidence for iron smelting activity. Interpretations of these discoveries had posed some problems due to dating and chronological issues. However, with the discovery of the iron smelthing sites in Sungai Batu in 2009, our knowledge regarding Iron Age in Malaysia has become clearer. The geo-archaeological method and scientific analysis approach was adopted to study these sites, which yielded the date 535 B.C.E. This paper attempts to discuss the contributions of Sungai Batu to our present knowledge on the iron age in Malaysia.*

*Keywords: Sungai Batu site, Kedah, iron smelting, geo-archaeology*

## **PENDAHULUAN**

Kajian arkeologi di Sungai Batu mendedahkan 17 tapak yang berfungsi sebagai bengkel peleburan besi sejak tahun 535 Sebelum Masihi. Setiap bengkel ditemukan besi mentah, peralatan dan bahan untuk melebur besi, serta hasil peleburan. Kebanyakan besi mentah yang digunakan ialah magnetit dan hematit. Peralatan utama yang ditemui ialah relau dan peniup angin (*tuyere*). Kawasan pembakaran dan peleburan menemukan bukti sisa arang dan debu di dalam setiap relau. Jongkong besi merupakan hasil peleburan, manakala sisa besi secara dominannya ditemui sebagai sisa leburan. Penemuan ini mendedahkan bukti teknologi peleburan besi dan bahan arang yang membolehkan tarikh radiokarbon dilakukan dan mengetahui tarikh aktiviti peleburan berlangsung. Oleh itu, kajian terhadap kompleks Sungai Batu ini bukan sahaja memberikan gambaran lengkap tentang industri besi yang wujud sejak zaman prasejarah lagi, iaitu tahun 535 Sebelum Masihi (sekitar 2600 tahun dahulu), malahan mewakili sebuah tamadun.

## **KEBUDAYAAN BESI DI MALAYSIA**

Kebudayaan besi merupakan salah satu budaya berasingan yang wujud ketika zaman logam. Budaya ini dapat dikenal pasti apabila besi digunakan secara meluas untuk kegunaan harian meliputi alatan pertanian, senjata, alat perhiasan dan barang dagangan. Ciri zaman besi di Malaysia dapat dilihat menerusi penemuan artifak besi perkuburan batu slab di Semenanjung Malaysia dan pengebumian di dalam pasu (*jar*) yang ditemui di Sabah dan Sarawak. Masyarakat yang mempunyai kemahiran logam ini dikesan bermula sekitar 1500 hingga 1000 tahun dahulu (Chia, 2007, 2009). Bukti terawal artifak besi di Semenanjung Malaysia ditemui di Gua Batu

Kurau, Perak yang berusia sekitar 1300 tahun dahulu ( $1210 \pm 80$  BP.) (Peta 1). Antara artifak yang ditemui termasuklah alat besi seperti pisau, parang, kapak, lembing dan sabit (Mokhtar, 2010). Artifak besi turut ditemui di tapak Gua Harimau, Lenggong, Perak; tapak pengebumian slab granit di Bernam, Selangor; tapak pengebumian di Melanta Tutup, Gua Madai di Sabah; Gua Niah; Gua Sireh, Lubang Angin dan tapak peleburan besi di Santubong, Sarawak (Jadual 1). Kesemua bukti ini menunjukkan bahawa industri besi pada zaman prasejarah, kecuali tapak Santubong mewakili sebuah tamadun.



**Peta 1** Lokasi tapak besi di Malaysia.

(Sumber: Koleksi penulis)

**Jadual 1** Ringkasan jumpaan artifak zaman logam.

<b>Tapak</b>	<b>Jumpaan</b>	<b>Usia Zaman Logam</b>	<b>Usia Zaman Besi</b>	<b>Rujukan</b>
Gua Harimau, Perak	Kepingan tembikar, alat batu, artifak logam, hematit, barang perhiasan dan sisa fauna. Alat logam yang ditemui ialah alat gangsa, acuan gangsa, kapak gangsa dan alat besi.	1970 Sebelum Masihi	800 – 1000 B.P. ≈950 – 1150 Masihi	Zolkurnian, 1998; Zuraina, 1988,1998; Chia, & Zolkurnian, 2005
Gua Bukit Batu Kurau, Perak	Artifak besi antaranya termasuklah pisau, parang, kapak, lembing dan sabit.		1210 ± 80 B.P. ≈ 660 – 820 Masihi	Zuraina, 1998; Mokhtar, 2010
Gua Sireh, Serian, Sarawak	Bukti penempatan dan pengebumian berasosiasi dengan barang kiriman. Antara artifak yang ditemui termasuklah kepingan tembikar, seramik perdagangan, cangkerang, tulang haiwan dan manusia, batu eksotik, manik, lima objek logam dan lapan objek gangsa.	2000 tahun dahulu	800 Masihi * (Chia, 2007)	Datan, 1993
Lubang Angin, Mulu, Sarawak	Bukti pengebumian secara posisi lunjur dan berlipat yang berasosiasi dengan kepingan tembikar, pisau besi, pelbagai jenis batuan, manik kaca dan cangkerang siput.	1000 Sebelum Masihi	< 1500 tahun dahulu*	Datan, 1993; Chia, 2007
Gua Niah, Sarawak	Bukti kebudayaan paleolitik, neolitik dan besi. Jumpaan zaman besi ialah alat besi, seramik, kaca dan manik.		700 – 1300 Masihi*	Harrison, 1959; Zuraina, 1982
Madai-Baturong, Sabah	Pengebumian di dalam pasu, tembikar tanpa lakaran, tembikar dengan saduran merah, artifak besi, tembaga dan gangsa, manik, kaca dan karnelian.	Masihi 1 hingga Masihi 1000*		Bellwood, 1984, 2007
Bukit Kamiri, Semporna, Sabah	Bukti penempatan masyarakat neolitik dan pengebumian zaman logam. Ekskavasi menemukan parang besi, artifak batu, kepingan tembikar dan sisa fauna.	1380 – 760 Sebelum Masihi		Chia, 2008; Eng, & Chia, 2010

sambungan **Jadual 1**

Tapak	Jumpai	Usia Zaman Logam	Usia Zaman Besi	Rujukan
Tembeling, Pahang	Bukti kebudayaan zaman neolitik, gangsa, besi dan protosejarah, juga mendedahkan bukti peleburan besi berdasarkan penemuan sisa besi, bijih besi dan beberapa alat logam. Beberapa pecahan tembikar dan seramik turut dijumpai di lapisan yang sama.			Adi, 1989; Evans, 1931
Changkat Mentri, Perak	Makam "cist"/"slab" ( <i>slab grave</i> ) dengan barang kiriman alat logam, tembikar tanah, barang perhiasan, manik karnelian, serpihan kaca dan beberapa batuan berharga seperti batu kristal.	1000 Masihi*		Tweedie, 1970; Chia, 2007
Santubong, Sarawak	Bukti industri besi prasejarah dan aktiviti perdagangan maritim di Sarawak. Penemuan sisa besi, mangkuk pijar, <i>tuyere</i> dan artifak litik.		900 dan 1350 Masihi	Harrisson, & O'Connor, 1969a; 1969b

Nota: Pentarikan secara relatif ialah pentarikan yang dibuat berdasarkan perbandingan artifak yang ditemui (\*).

(Sumber: Koleksi penulis)

Secara umumnya, data di atas jelas menunjukkan bahawa Malaysia mempunyai bukti dan data zaman besi yang sangat kurang berbanding dengan negara lain seperti Thailand dan Indonesia. Keadaan ini menyebabkan interpretasi zaman besi negara sangat lemah. Aspek pentarikan menunjukkan bahawa zaman besi prasejarah negara hanya bermula sekitar 1300 – 1500 tahun dahulu. Oleh sebab bahan yang ditemui kebanyakannya alat besi yang telah siap, maka bukti peleburan dan teknologi pembuatan tidak diketahui dengan jelas.

## INDUSTRI BESI DI KOMPLEKS SUNGAI BATU

Kompleks Sungai Batu merupakan sebahagian dari kawasan Lembah Bujang yang terletak di bahagian selatan negeri Kedah, di tepi Sungai Batu, anak Sungai

Merbok dan di sekitar Gunung Jerai (Peta 2). Arkeologi Lembah Bujang telah dikaji sejak tahun 1840-an dan lebih 80 tapak direkodkan. Antara pengkaji yang menjalankan kajian di Lembah Bujang termasuklah James Low (1840-an), Evans (1920-an dan 1930-an), Quaritch-Wales (1930-an – 1940-an), Quaritch-Wales dan Dorothy-Wales (1941), Lamb (1950-an – 1960-an), Jabatan Muzium dan Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) (1970-an dan 1980-an), Leong Sau Heng (1973), Allen (1988), Jacq-Hergoualc’h (1992), Mohd. Supian (2002) dan Zuliskandar Ramli (1920-an) (Evans, 1930, 1926, 1922; Wales, 1940, 1946; Adi Taha, 1989; Kamarudin, 2004; Nik Hassan Shuhaimi dan Othman, 1992; Leong Sau Heng, 1973; Allen, 1988; dan Zuliskandar *et al.*, 2008). Lembah Bujang mendedahkan bukti tamadun yang penting dalam perdagangan timur-barat yang dikenali sebagai pusat Kerajaan Kedah Tua. Tapak ini dijadikan pilihan utama kerana Gunung Jerai merupakan petunjuk penting dalam pelayaran dari barat ke timur, sementara muara Sungai Merbok yang luas sangat sesuai untuk kapal perdagangan berlabuh dengan selamat.

Kajian di Sungai Batu merekodkan sebanyak 97 tapak di dalam kompleks seluas sekitar empat kilometer persegi (Mokhtar *et al.*, 2011). Hasil penyelidikan kini menemui 17 tapak peleburan besi bersama-sama dengan tinggalan monumen ritual, jeti dan bangunan pentadbiran pengurusan jeti. Keadaan ini menunjukkan bahawa industri besi Sungai Batu mewakili suatu tamadun pada zaman prasejarah. Berdasarkan pentarikhan radiokarbon didapati industri besi bermula sejak tahun 535 Sebelum Masihi sehingga kurun ke-15 Masihi. Keadaan ini jelas menunjukkan



**Peta 2** Kompleks Sungai Batu di Lembah Bujang, Kedah.

(Sumber: Pusat Penyelidikan Arkeologi Global)

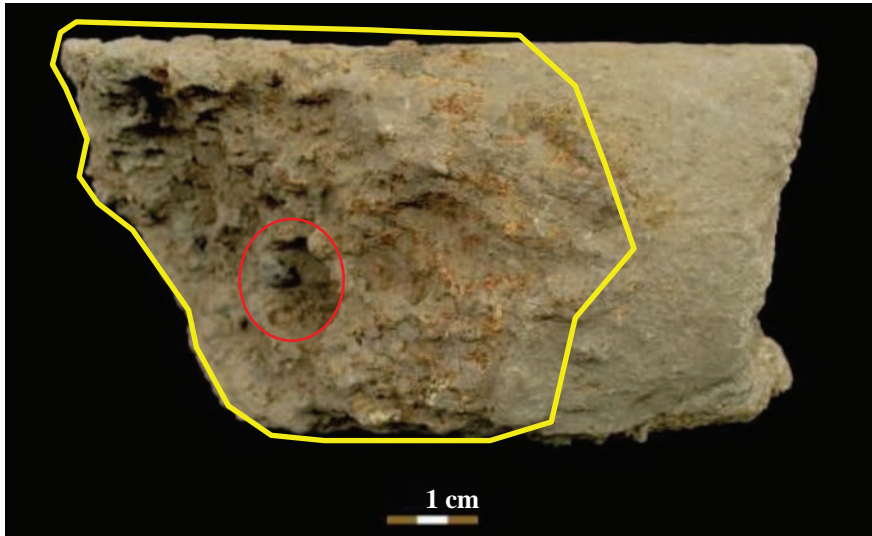
bahawa aktiviti peleburan besi yang dijalankan di Kompleks Sungai Batu berskala besar dan berterusan selama lebih 21 kurun.

Setiap tapak yang diekskavasi menemukan besi mentah, peralatan peleburan seperti relau dan *tuyere* (peniup angin), serta hasil peleburan seperti sisa besi, arang dan abu. Kehadiran besi mentah, peralatan peleburan dan hasil peleburan di setiap tapak jelas menunjukkan tapak tersebut berfungsi sebagai tempat melebur besi mentah. Asosiasi yang lengkap dan masih *in situ* di sesebuah tapak peleburan besi seperti di Sungai Batu yang pertama ditemui di negara ini memberikan maklumat yang jelas tentang teknologi industri besi yang sebenar. Besi mentah seperti hematit dan magnetit didapati banyak terdapat di sekeliling Gunung Jerai kerana sehingga hari ini masih terdapat syarikat perlombongan bijih besi di sekitar Gunung Jerai dan bahan mentah tersebut dibawa ke kompleks Sungai Batu untuk dilebur.

Oleh sebab suhu peleburan besi melebihi 1000°C, maka aktiviti ini memerlukan relau dan *tuyere*. Bahan utama pembinaan relau dan *tuyere* ialah tanah liat dan campuran pasir. Tanah liat merupakan salah satu bahan refraktori yang mempunyai takat lebur yang tinggi dan tahan rintangan haba yang tinggi. Struktur binaan relau yang berbentuk kubah dan tertutup membolehkan kepanasan habanya tertumpu pada suatu tempat, manakala *tuyere* pula berbentuk silinder dengan bulatan kecil di bahagian tengahnya (Foto 1). Kebanyakan *tuyere* yang dijumpai dalam bentuk pecahan dan sebahagiannya mempunyai kesan vitrifikasi. Kesan vitrifikasi menyebabkan hablur mineral kuaza berubah menjadi berkaca dengan permukaan berwarna hitam dan berkilat disebabkan oleh pendedahan elemen kuarza dalam *tuyere* secara langsung pada suhu pemanasan yang tinggi (Suchitta, 1983). Keadaan ini menunjukkan bahawa *tuyere* yang dijumpai ialah sisa *tuyere* yang digunakan ketika melebur besi. Analisis fizikal mendapati *tuyere* yang paling panjang ditemui di tapak peleburan besi Sungai Batu ialah 27.06 cm dengan lebar 11.15 cm. Ketebalan minimum dan maksimum *tuyere* ialah 2.83 cm dan 5.27 cm dengan purata ketebalan 3.84 cm. Diameter saiz saluran angin *tuyere* menunjukkan saiz minimum 2.06 cm dan saiz maksimum 3.61 cm, dengan bacaan purata diameter 2.66 cm. Saluran angin yang sempit menunjukkan penggunaan pam angin (*bellow*), sementara saluran angin yang besar menunjukkan penggunaan angin semula jadi (*natural draught*) (Veldhuijzen, 2005). Proses peleburan besi di tapak Sungai Batu diandaikan menggunakan pam angin untuk membekalkan udara ke dalam relau. Analisis fizikal *tuyere* juga jelas menunjukkan penghasilan *tuyere* mempunyai piawai pengukuran tertentu. Tujuan utama penghasilan *tuyere* mengikut piawai tertentu untuk memberikan kesan kerja yang maksimum bagi pembekalan udara ke dalam relau (McDonnell, 1995).

Analisis saintifik melalui aplikasi teknik pendarfluor sinar-X (XRF), pembelauan





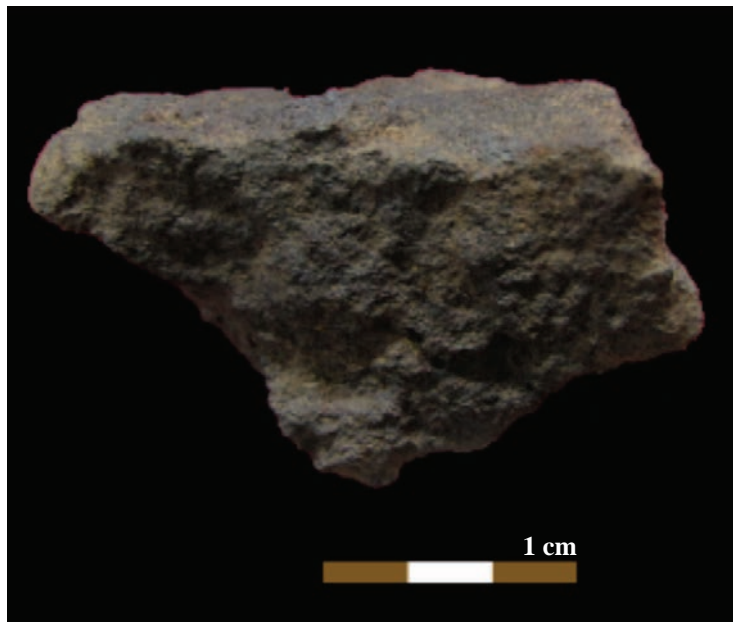
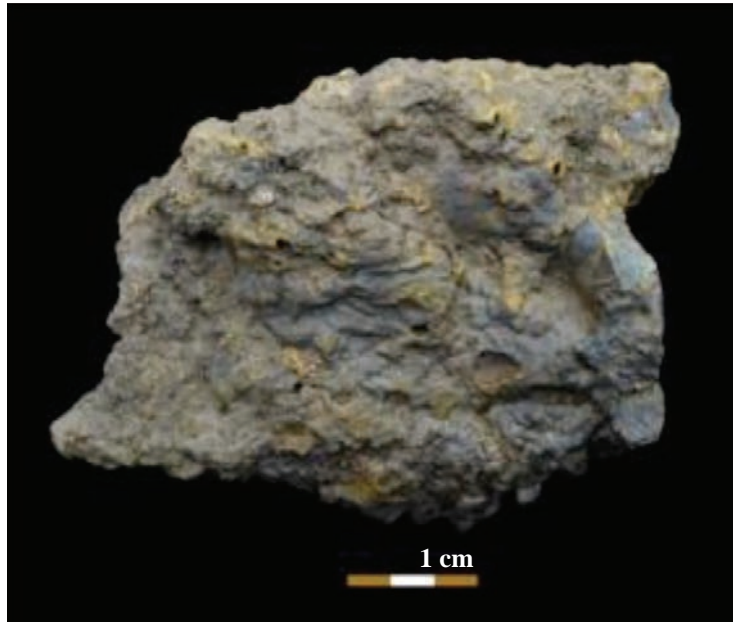
**Foto 1** Pecahan *tuyere* dengan kesan vitrifikasi di hujung (garisan berwarna kuning). Bulatan merah menunjukkan lubang di bahagian tengah *tuyere*.

(Sumber: Koleksi Penulis)

sinar-X (XRD) dan irisan gilapan menunjukkan penggunaan teknik peleburan besi secara langsung yang dikenali sebagai *bloomery*. Teknik peleburan besi secara *bloomery* ini merupakan teknik asas untuk melebur besi dengan suhu yang boleh dicapai pada sekitar 1050°C hingga 1200°C yang merupakan proses pengekstrakan besi secara terus daripada bijih besi yang melibatkan interaksi secara langsung antara bijih besi dengan bahan bakar (Rostoker, & Bronson, 1990; David *et al.*, 1989). Teknik ini menunjukkan penggunaan teknologi secara pembakaran menggunakan relau, penggunaan *tuyere* sebagai corong laluan angin, *bellow* sebagai pam angin, serta bijih besi dan bahan bakar daripada kayu arang.

Sisa besi pula merupakan sisa yang terhasil daripada proses melebur besi, sementara bijih besi yang digunakan oleh masyarakat awal Sungai Batu terdiri daripada hematit dan magnetit (Foto 2). Sisa besi yang terhasil daripada proses peleburan besi *bloomery* bersifat heterogen, iaitu campuran bahan dengan fasa yang berlainan. Perbezaan bentuk, morfologi dan komposisi sisa besi bergantung pada jenis bijih besi, bentuk relau dan teknik peleburan besi yang diaplikasikan. Interpretasi data analisis artifak logam tidak hanya boleh ditafsir berdasarkan keputusan analisis kimia tanpa mengambil kira faktor proses luluhawa kimia, fizikal dan biologi yang berlaku terhadap sampel setelah tertanam bertahun lamanya di dalam





**Foto 2** Sisa besi (atas) dan bijih besi (bawah) yang dijumpai di tapak peleburan besi Sungai Batu.

(Sumber: Koleksi penulis)

tanah. Selain faktor luluhawa, perubahan komposisi kimia dan bentuk fizikal sisa besi turut dipengaruhi oleh teknik peleburan, penghasilan, proses penyejukan, bijih besi, bahan binaan relau dan *tuyere*, bahan pemangkin, suhu peleburan, bahan bakar, bentuk relau, bekalan oksigen, dan sebagainya (Heimann *et al.* 2001). Perbezaan ini menghasilkan pelbagai jenis sisa besi dengan komposisi dan bentuk yang berbeza daripada tapak peleburan besi lain.

Analisis kimia terhadap sampel sisa besi SB2A yang ditunjukkan di dalam Foto 2 mendapati proses peleburan besi berlangsung secara *bloomery* dengan teknik pengekstrakan ferum yang kurang efektif berdasarkan kandungan ferum melebihi 50 peratus (Jadual 2). Kehadiran unsur ferum yang tinggi di dalam sisa besi menunjukkan tindak balas *fluks* yang tidak begitu baik ataupun *fluks* pemangkin tidak digunakan dalam tindak balas ini (McDonnell, 1995). *Fluks* merupakan suatu bahan yang dicampur bersama-sama dengan bijih besi dan bahan bakar ketika proses peleburan besi untuk menurunkan takat lebur. *Fluks* boleh membantu untuk menghasilkan besi tulen dengan cara memangkinkan ion Fe keluar daripada bijih besi. Sampel B2, B3 dan B5 menunjukkan peratusan SiO<sub>2</sub> antara 18 peratus-20 peratus. Kehadiran unsur silika dalam jumlah yang sedikit penting dalam proses peleburan besi. Silika yang terkandung di dalam tanah akan tervitrifikasi sekiranya terdedah pada suhu pembakaran yang tinggi. Keadaan ini secara tidak langsung merendahkan suhu pembakaran (McDonnell, 1995). Kehadiran silika yang banyak juga berguna untuk mengeluarkan oksida besi dalam bentuk fayalit (Balasubramaniam, 2006; McDonnell, 1995).

**Jadual 2** Keputusan analisis XRF sampel sisa besi tapak peleburan besi Sungai Batu.

Sampel	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	MgO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S*	Cr*
B1	2.78	2.17	0.08	86.07	0.26	0.01	<0.01	<0.01	300	80
B2	21.2	7.02	0.20	63.05	0.35	0.01	0.01	0.08	1100	100
B3	19.5	6.88	0.22	65.48	0.39	0.12	0.03	0.06	1200	210
B4	14.5	7.41	0.25	68.34	0.27	0.19	0.02	0.07	1200	110
B5	18.9	10.5	0.48	58.48	0.28	0.06	0.01	0.06	1200	220

**Nota:** Peratusan menunjukkan berat (wperatus), kecuali S dan Cr dalam ppm (\*).

Analisis XRD terhadap lima sampel sisa besi menunjukkan kehadiran fayalit, kondroit, wustit, leusit, goetit, magnetit, kuarza dan hematit (Jadual 3). Analisis ini jelas membuktikan bahawa teknik peleburan besi secara *bloomery* digunakan

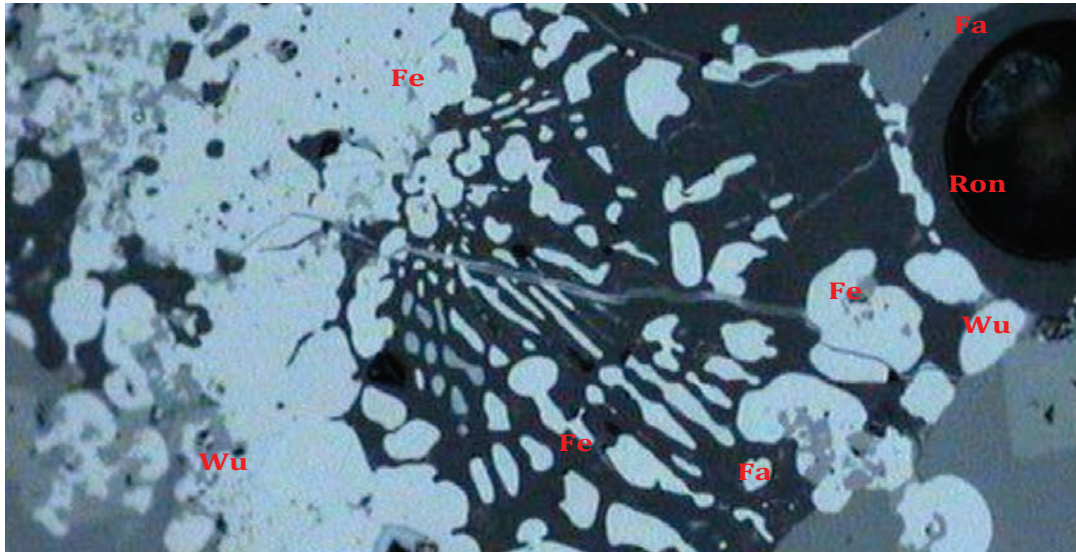
**Jadual 3** Data analisis XRD sampel sisa besi dan bijih besi.

Jenis Sampel	Nama Sampel	Komposisi Mineral
Sisa Besi	B1	Fayalit [ $\text{Fe}_2(\text{SiO}_4)$ ], Chondrodite [ $\text{Ca}_5(\text{SiO}_4)_2(\text{OH})_2$ ]
	B2	Fayalit [ $\text{Fe}_2(\text{SiO}_4)$ ], Wustit [ $\text{Fe}_{0.93}\text{O}$ ], Leucite [ $\text{KAlSi}_2\text{O}_6$ ]
	B3	Goetit [ $\text{FeO}(\text{OH})$ ], Magnetit [ $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ], Kuarza [ $\text{SiO}_2$ ], Wustit [ $\text{Fe}_{0.9}\text{O}$ ]
	B4	Fayalit [ $\text{Fe}_2(\text{SiO}_4)$ ], Magnetit [ $\text{Fe}_{2.9}\text{O}_4$ ], Wustit [ $\text{Fe}_{0.9}\text{O}$ ]
	B5	Hematit [ $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ], Kuarza [ $\text{SiO}_2$ ]
Bijih Besi	A1	Hematit [ $\text{Fe}_{1.85\text{H}0.45}\text{O}_3$ ]
	A2	Hematit [ $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ], Goetit [ $\text{FeO}(\text{OH})$ ]

di tapak SB2A dengan suhu antara  $1150^\circ\text{C}$  –  $1200^\circ\text{C}$  berdasarkan kehadiran wustit dan fayalit di dalam sampel. Keputusan analisis terhadap sampel bijih besi pula menunjukkan kehadiran hematit dan goetit (Jadual 3) yang merupakan bahan utama yang digunakan untuk mendapatkan besi.

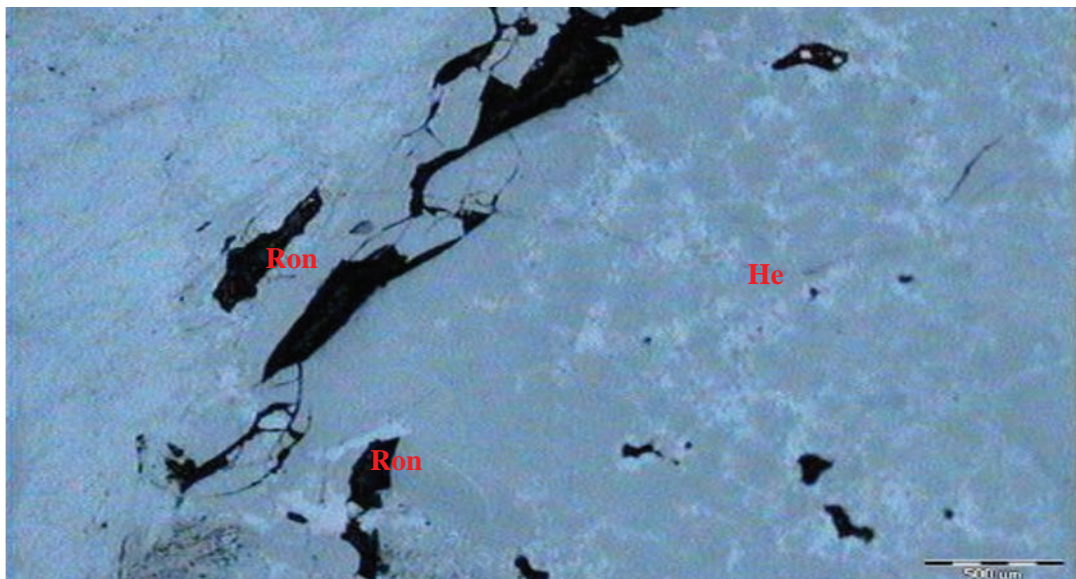
Analisis irisan gilapan terhadap sampel sisa besi turut menyokong kehadiran mineral yang dinyatakan hasil analisis XRD. Fotomikrograf sampel sisa besi menunjukkan struktur besi metalik (putih berkilau) 40 peratus, wustit (berwarna kelabu cerah, berbentuk seakan-akan bulat dan bentuk tidak menentu) 10 peratus, serta fayalit (berwarna kelabu) 30 peratus (Foto 3). Kehadiran mineral fayalit disebabkan oleh oksida yang tidak diperlukan di dalam bijih besi seperti silikon dioksida ( $\text{SiO}_2$ ) disingkirkan dengan pembentukan leburan sisa, iaitu silikat besi atau fayalit ( $\text{FeSiO}_4$ ) atau ( $2\text{FeO}.\text{SiO}_2$ ) (Balasubramaniam, 2006). Matriks bagi sisa besi ini terdiri daripada mineral silikat sebanyak 30 peratus. Fotomikrograf bagi sampel bijih besi A2 pula menunjukkan tekstur asal mineral primer hematit yang meliputi hampir 80 peratus (Foto 4). Bijih besi ini mempunyai struktur berongga dan silikat sebagai matriks sebanyak 20 peratus. Analisis XRD sampel ini juga menunjukkan kehadiran hematit di dalam bijih besi.

Hasil analisis bentuk sisa besi jelas menunjukkan relau di tapak ini terdiri daripada relau berbentuk mangkuk atau syaf dengan laluan keluar sisa besi dan tanpa laluan keluar sisa besi. Kehadiran sisa besi berbentuk *plano-convex* dan bulatan/semi-bulatan menunjukkan relau *bloomery* berbentuk mangkuk (*bowl*) dan syaf tanpa laluan keluar sisa besi. Penemuan sisa arang di dalam sisa besi jelas membuktikan kesan penghabluran sisa besi bersama-sama arang di bahagian bawah relau (Chirikure dan Rehren, 2004) (Foto 5). Keadaan ini jelas menunjukkan bahawa relau ini tidak mempunyai laluan keluar sisa besi. Selain itu, penemuan sisa besi



**Foto 3** Fotomikrograf irisan gilap tanpa nikel silang sampel sisa besi B2 menunjukkan kehadiran besi metalik (Fe), wustit (Wus), fayalit (Fay), silikat sebagai matriks dan berongga (Ron).

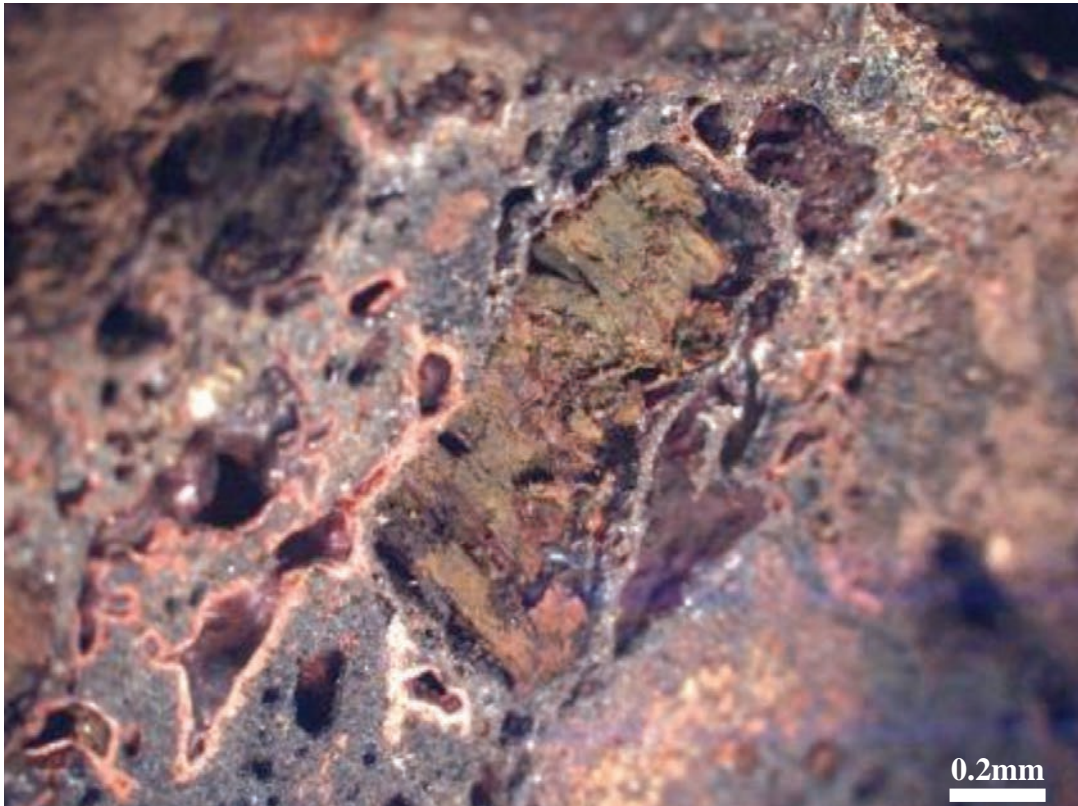
(Sumber: Koleksi penulis)



**Foto 4** Fotomikrograf irisan gilap tanpa nikel silang sampel bijih besi (A2) menunjukkan tekstur mineral primer hematit (He) dan berongga (Ron).

(Sumber: Koleksi penulis)





**Foto 5** Sisa besi dengan kandungan arang di bawah stereomikroskop (1.1x).

(Sumber: Koleksi penulis)

berbentuk larva pula menunjukkan adanya laluan bagi pengaliran sisa besi keluar daripada relau. Kedua-dua bukti bentuk sisa besi ini menunjukkan kewujudan relau jenis bulatan atau syaf dengan lubang atau ruang untuk laluan keluar sisa besi dan juga tanpa laluan keluar sisa besi di tapak peleburan besi Sungai Batu.

## **SUMBANGAN INDUSTRI BESI KOMPLEKS SUNGAI BATU, LEMBAH BUJANG**

Penemuan tapak industri peleburan besi di Sungai Batu, Lembah Bujang menyumbang data baharu berhubung dengan pentarikhan, urutan kebudayaan dan teknologi penghasilan besi yang diaplikasikan oleh masyarakat pada ketika itu. Pentarikhan tapak tersebut membuktikan bahawa usia industri peleburan besi bermula pada sekitar tahun 535 Sebelum Masihi. Bukti aktiviti peleburan besi di Kompleks Sungai

Batu jelas menunjukkan bahawa industri besi adalah antara aktiviti terawal dalam tamadun manusia. Aktiviti peleburan besi yang berlangsung pada zaman Kerajaan Kedah Tua ini bermula lebih awal berbanding dengan bukti kebudayaan besi yang ditemui di Bukit Batu Kurau dan Gua Harimau, Lenggong, Perak. Perbezaan amalan budaya zaman logam dan tamadun awal yang berlaku dalam sesebuah masyarakat amat bergantung pada faktor persekitaran, serta interaksi dalaman dan hubungan kait antara kesemua fenomena sosialnya. Bahagian utara Semenanjung Malaysia merupakan bahagian terawal yang mempunyai hubungan awal dengan India dan China. Hubungan awal ini membantu perkembangan kerajaan berdasarkan bukti perdagangan jarak jauh dan kemahiran penghasilan produk dagangan yang tinggi.

Perkembangan teknologi dalam perusahaan bahan logam merupakan salah satu pemangkin pertumbuhan kerajaan. Hal ini disebabkan wujudnya sumber ekonomi yang berasaskan besi yang secara tidak langsung bermanfaat kepada sektor pertanian dan perdagangan. Selain itu, kewujudan peralatan logam turut membantu aktiviti memburu dan kegiatan seharian. Penemuan tapak industri besi di Kompleks Sungai Batu, Lembah Bujang membuktikan bahawa masyarakat tempatan menghasilkan produk besi menggunakan sumber persekitaran. Berdasarkan hasil pengeluaran sisa besi yang banyak (lebih daripada jutaan ketulan), diandaikan kawasan kompleks ini mengeluarkan besi dalam skala yang besar. Bilangan pekerja yang terlibat dalam proses peleburan besi adalah antara lima hingga sepuluh orang dalam sesuatu masa. Anggaran ini berdasarkan data etnoarkeologi masyarakat etnik India, Afrika dan Thailand yang menjalankan proses peleburan besi yang hanya melibatkan sebilangan kecil pekerja atau kaum keluarganya (Ngonadi, 2010; Schmidt, 1997; Prakash dan Igaki, 1984; Suchitta, 1983). Bilangan ini mencukupi untuk melaksanakan keseluruhan peringkat kerja bermula dari proses pengambilan bijih besi, pembuatan arang, penghasilan *tuyere*, pengawalan relau dan penyediaan bijih besi, serta mencadangkan kewujudan suatu sistem pentadbiran dan pembahagian kerja yang tersusun.

Kewujudan artifak logam besi dan gangsa di tapak zaman logam di Malaysia menimbulkan persoalan tentang asal usul artifak logam tersebut sama ada dihasilkan oleh negara luar atau disebabkan oleh jalinan kerjasama dengan negara luar. Walau bagaimanapun, penemuan industri peleburan besi di Kompleks Sungai Batu membuktikan kemampuan masyarakat setempat untuk menghasilkan produk berasaskan besi.

Industri besi yang wujud di Kompleks Sungai Batu juga dapat dibuktikan menerusi catatan Arab dan kesusasteraan Tamil. Catatan al-Kindi dan al-Biruni yang menceritakan kualiti besi yang dihasilkan oleh Kalah (Kedah Tua) adalah antara tiga

besi terbaik dunia, selain dari Yemen dan Hindi (Hoyland, & Gilmour, 2006). Puisi tamil *Pattinappalai* turut mencatatkan barang dagangan *kazhakaththu akkam* di Pukar, India. *Kazhakam* merujuk tempat yang terletak di utara Semenanjung Malaysia, iaitu Kataram atau Kataha (Kedah Tua) kerana kata akar *kazh* membawa maksud besi (hitam). Ibn Muhalhal pula menggambarkan Kalah (Kedah Tua) sebagai sebuah kota yang masyhur dengan bangunan tinggi, mempunyai taman, sistem terusan air dan kawasan yang kaya mineral timah. Beliau juga mencatatkan penghasilan pedang terbaik di India berasal daripada besi Kalah (Kedah Tua) (Winstedt, 1920).

Oleh itu, penemuan tapak peleburan besi di Kompleks Sungai Batu membuktikan bahawa aktiviti pengeksportan produk besi dari Kataha ke selatan India seperti yang diperkatakan dalam sajak Tamil *Pattinappalai* dan rekod Arab, al-Kindi (Hoyland, & Gilmour, 2006; Thani Nayagam, 1968). Bukti aktiviti peleburan besi di Kompleks Sungai Batu berusia seawal kurun keenam Sebelum Masihi berserta rekod Arab dan Tamil jelas menunjukkan bahawa besi Kedah Tua sangat penting dan bernilai kepada tamadun lain. Hal ini secara tidak langsung menunjukkan bahawa industri besi merupakan antara sumber ekonomi Kedah Tua yang utama dan perkara ini merupakan data baharu dalam sejarah penyelidikan Lembah Bujang di Malaysia.

## RUJUKAN

- Adi Taha. (1989). Archaeological, prehistoric, protohistoric and history study of the Tembeling Valley, Pahang, West Malaysia. *Jurnal Arkeologi Malaysia*, 2, 47 – 69.
- Allen, J. (1988). *Trade, transportation and tributaries: Exchange, agriculture and settlement distribution in early historic period Kedah Malaysia* (Unpublished doctoral thesis). University of Hawaii, Hawaii.
- Balasubramaniam, R. (2006). Metallurgy of Ancient Indian iron and steel. In *Encyclopaedia of The History of Science, Technology, and Medicine in Non-Western Cultures*.
- Bellwood, P. (1988). Archaeological research in Southeastern Sabah (pp.1 - 282). *Sabah Museum Monograph 2*. Sabah Museum, Kota Kinabalu.
- Chia, S., & Zolkurnian Hasan. (2005). Gua Harimau, a prehistoric cemetery in Lenggong, Perak. In Zuraina Majid (Ed.), *The Perak man and other prehistoric skeletons in Malaysia*. Pulau Pinang: Universiti Sains Malaysia.
- Chia, S. (2007). The metal period in Malaysia. In Mokhtar Saidin, & Chia, S. (Eds.), *Archaeological heritage of Malaysia*. Pulau Pinang: Pusat Penyelidikan Arkeologi Malaysia.
- Chia, S. (2009). Konsep kebudayaan dalam prasejarah Malaysia. In Fan, P., & Yong, C. (Eds.). *Kebudayaan Malaysia: Satu Pengenalan*. Kuala Lumpur: Jabatan Kebudayaan dan Kesenian Negara.



- Chirikure, S., & Rehren, T. (2004). Ores, furnaces, slags and prehistoric societies: Aspects of iron working in the Nyanga agricultural complex, AD1300-1900. *African Archaeological Review*, 21(3), 135 – 152.
- Datan, Ipoi. (1993). Archaeological excavations at Gua Sireh (Serian) and Lubang Angin (Gunung Mulu National Park). *Sarawak Museum Journal*, 45(66), 1 – 192.
- David, N. *et al.* (1989). Between bloomery and blast furnace: Mafa Iron-Smelting Technology in North Cameroon. *The African Archaeological Review*, 7, 183 – 208.
- Evans, I. H. N. (1922). On the ancient structures on Kedah Peak. *Journal of the Federated Malay States Museums*, IX(4).
- Evans, I. H. N. (1926). Results of an expedition to Kedah. *Journal of the Federated Malay States Museums*, XII(3).
- Evans, I. H. N. (1930). Ancient inscription at Cherok Tokun, Province Wellesley. *Journal of the Federated Malay States Museums*, XV(1).
- Evans, I. H. N. (1931). Excavation at Nyong, Tembeling River, Pahang. *Journal of the Federated Malay States Museums*, XV(2), 51 – 62.
- Harrison, T., & O'Connor, S. J. (1969a). *Excavations of the prehistoric iron industry in west Borneo. Volume One: Raw materials and industrial waste*. Cornell University Southeast Asia Program.
- Harrison, T., & O'Connor, S. J. (1969b). *Excavations of the prehistoric iron industry in west Borneo. Volume Two: Associated artifacts and ideas*. Cornell University Southeast Asia Program.
- Heimann, R. B. *et al.* (2001). Mineralogical and chemical investigations of bloomery slags from prehistoric (8<sup>th</sup> century bc to 4<sup>th</sup> century ad) iron production sites in upper and lower Lusatia, Germany. *Archaeometry*, 43(2), 227 – 252.
- Hoyland, R. G., & Gilmour, B. (2006). *Medieval Islamic swords and swordmaking*. Gibb Memorial Trust.
- Iles, L., & Martino ´n-Torres, M. (2009). Pastoralist iron production on the Laikipia Plateau, Kenya: Wider implications for archaeometallurgy studies. *Journal of Archaeological Science*, 36(10), 2314 –2326.
- Jacq-Hergoualc'h, M. (2002). *The Malay Peninsula: Crossroads of the Maritime Silkroad (100 BC-1300 AD)*: Brill N.V., & Leiden.
- Kamarudin Zakaria. (2004). Penyelidikan arkeologi Sungai Mas, Kedah. *Jurnal Arkeologi Malaysia*, 17.
- Leong Sau Heng. (1973). *A study of ceramic deposits from Pengkalan Bujang Kedah* (Unpublished masters thesis). Universiti Malaya, Kuala Lumpur.
- Mohd. Supian Sabtu. (2002). *Tamadun Awal Lembah Bujang*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Mokhtar Saidin. (2010). *Bukti Prasejarah di Malaysia*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Mokhtar Saidin *et al.* (2011). Issues and problems of previous studies in the Bujang Valley and the discovery of the Sungai Batu. In Stephen Chia, & Andaya, B. W. (Eds.). *Bujang*

- Valley and early civilisations in Southeast Asia*. Kuala Lumpur: Jabatan Warisan Negara, Kementerian Penerangan, Komunikasi dan Kebudayaan.
- McDonnell, G. (1995). (10 Mei 2010). Iron working processes. In *The historical metallurgy society: Archaeology datasheet no 3*. Retrieved from hist-met.org at 10 Mei 2010.
- Needham, J. (1980). The evolution of iron and steel technology in East and Southeast Asia. In Theodore. A. W., & Muhly, J. D. (Eds.). *The Coming of the Age of Iron*. New Haven: Yale University Press.
- Ngonadi, J. U. (2010). *Relationship between furnace structure and slag properties: The case of Fipa and Nyiha iron smelting technology* (Unpublished masters thesis). University of Dar es Salaam, Afrika.
- Nik Hassan Shuhaimi Nik Abdul Rahman, & Othman Mohd. Yatim. (1992). *Warisan Lembah Bujang*. Bangi: Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Prakash, B., & Igaki, K. (1984). Ancient iron making in Bastar district. *Indian Journal of History of Science*, 19(2), 175 – 185.
- Rostoker, W., & Bronson, B. (1990). Pre-industrial iron: Its technology and ethnology. *Archeomaterials Monograph No. 1*. Philadelphia: Pennsylvania.
- Schmidt, P. R. (1997). Ideology and the archaeological record in Africa: Interpreting symbolism in iron smelting technology. *Journal of Anthropological Archaeology*, 16, 73 – 102.
- Sieveking, G. (1956). The iron age collections of Malaya. *Journal of the Malayan Branch of the Royal Asiatic Society*, 29(2), 79 – 138.
- Suchitta, P. (1983). *The history and development of iron smelting technology in Thailand* (Unpublished doctoral thesis). Brown University: University Microfilms International.
- Thani Nagayam, X. S. (1968). The identification of Kataram. In *Proceedings of the First International Conference-Seminar of Tamil Studies*. Kuala Lumpur.
- Tweedie, M. W. F. (1970). *Prehistoric Malaya*. Eastern Universities Press. Sdn. Bhd.
- Veldhuijzen, H. A. (2005). Technical ceramics in early iron smelting: The role of ceramics in the early first millennium BC iron production at Tell Hammeh (Az-Zarqa), Jordan. In Prudêncio, I., Dias, I., & Waerenborgh, J. C. (Eds.). *Understanding People through Their Pottery*. In *Proceedings of the 7th European Meeting on Ancient Ceramics (EMAC '03)* (pp. 295 – 302). Lisbon: Instituto Português de Arqueologia (IPA).
- Wales, Q. H. G. (1940). Archaeological research on ancient Indian colonization in Malaya. *Journal of the Malayan Branch of the Royal Asiatic Studies*, XVIII(1).
- Wales, Q. H. G. (1946). Recent Malayan excavation and some wider implications. *Journal of the Royal Asiatic Society*, XV – XVIII.
- Winstedt, R. O. (1920). History of Kedah. *Journal of The Malayan Branch of The Royal Asiatic Society*. Singapura: Methodist Publishing House.
- Zolkurnian Hassan. (1998). *Urutan kebudayaan prasejarah Lembah Lenggong, Hulu Perak, Perak pada Zaman Holosen* (Unpublished masters thesis). Universiti Sains Malaysia, Pulau Pinang.
- Zuliskandar Ramli *et al.* (2008). Kajian komposisi dan fizikal bata purba di Kampung Sungai

Mas (Tapak 32). *Jurnal Arkeologi Malaysia*, 21, 100 – 127.

Zuraina Majid. (1982). The West Mouth, Niah in the Prehistory of Southeast Asia. *Special Monograph 3. Sarawak Museum Journal*, 31(52), 1 – 200.

Zuraina Majid. (1988). Indigenous Malaysia bronze manufacture or not? Short notes of new evidence from Gua Harimau, in Perak, North Malaysia. Paper presented at International Conference on Ancient Bronze Drums and Bronze Cultures in Southern China and Southeast Asia, Kunming, Yunnan, China.

Zuraina Majid. (1998). Radiocarbon dates and culture sequence in the Lenggong Valley and Beyond. *Malaysia Museums Journal*, 34, 241 – 249.

Diperoleh (*Received*): 21 Februari 2018

Diterima (*Accepted*): 5 Mac 2018