

## BUDAYA MATERIAL INDUSTRI BESI DI KOMPLEKS SUNGAI BATU, LEMBAH BUJANG, KEDAH

*(MATERIAL CULTURE OF IRON INDUSTRY IN SUNGAI BATU COMPLEX,  
BUJANG VALLEY, KEDAH)*

Naizatul Akma Mohd Mokhtar & Mokhtar Saidin

### Abstrak

---

Makalah ini membincangkan tentang budaya material yang terdapat di 17 tapak peleburan besi Sungai Batu, Lembah Bujang. Kajian budaya material terhadap tinggalan relau, kesan sisa pembakaran, sisa besi, bijih besi, pecahan *tuyere*, alat logam dan alat batu adalah penting untuk membuktikan kewujudan industri besi dalam skala yang besar telah berlangsung seawal tahun 535 Sebelum Masihi hingga kurun ke-15 Masihi di Kompleks Sungai Batu. Teknik peleburan besi yang dijalankan adalah secara langsung (*bloomery*) dengan suhu peleburan antara 1150°C - 1200°C bersama penggunaan bahan pemangkin ataupun fluks. Peleburan besi akan menghasilkan jongkong besi yang dikenali sebagai besi kembang (*bloom*) yang seterusnya akan didagangkan. Kekayaan sumber mentah bijih besi, tanah liat dan bahan bakar serta kedudukannya yang strategik merupakan faktor utama yang menyebabkan industri besi di Sungai Batu berterusan pada jangka masa yang lama. Penemuan 17 tapak peleburan besi yang kaya dengan budaya material telah membuktikan bahawa industri ini merupakan salah satu ekonomi penting masyarakat awal Lembah Bujang ketika itu.

---

**Kata Kunci:** Industri Besi, *tuyere*, Sungai Batu, Lembah Bujang

### Abstract

---

*This paper will discuss about the material culture discovered from 17 iron smelting sites in Sungai Batu, Bujang Valley. Research on furnace, burned mark, iron slag, iron ore, tuyere fragments, iron tools and stone tools are important to prove the existence of large scale iron smelting industry dated from 535 BCE till 15<sup>th</sup> century CE. Bloomery technique was detected used in Sungai Batu iron industry which the smelting temperature are between 1150°C – 1200°C with catalyst added. Product from the iron smelting was in ingot form, known as bloom, which it will be traded. Abundance of iron ore, clay and wood charcoal along with the strategic location are the factors why the iron industry in Sungai Batu lasted for long span of time. Discovery of 17 iron smelting sites, which rich in cultural materials has proven iron smelting industry played an important role in the economy of early Bujang Valley community.*

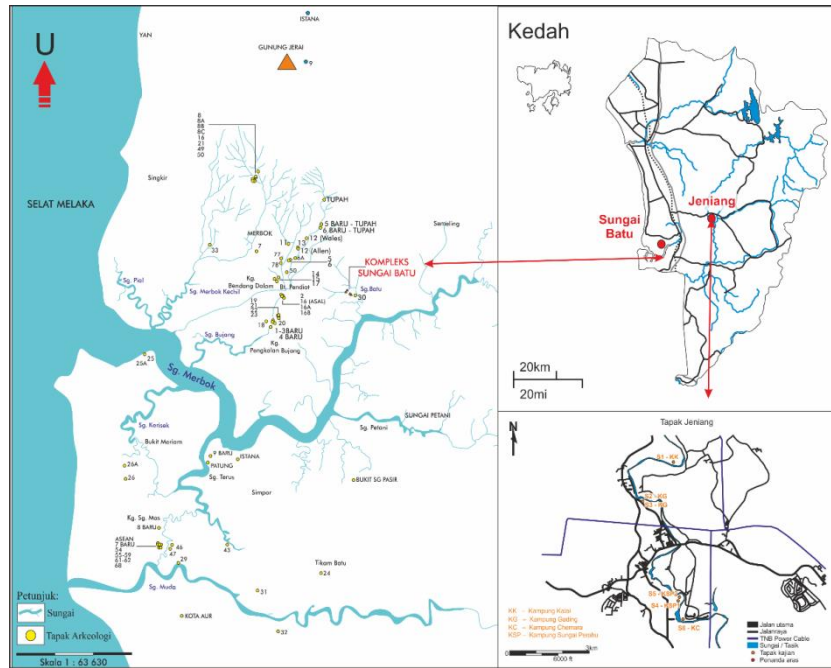
---

**Keywords:** Iron Industry, *tuyere*, Sungai Batu, Bujang Valley

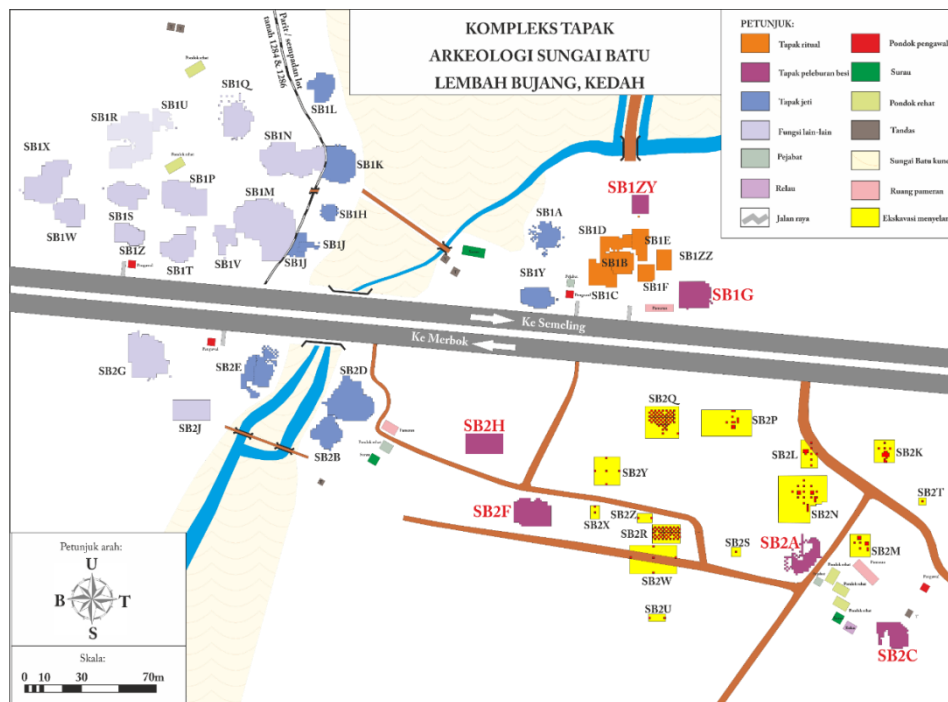
### Pengenalan

Kajian di Kompleks Sungai Batu mendedahkan kebudayaan masyarakat awal Kedah Tua berasaskan ekonomi industri besi. Kedah Tua merupakan sebuah kota pelabuhan yang terletak di kawasan Lembah Bujang yang meliputi keluasan melebihi 1000 km<sup>2</sup> hasil penemuan tapak peleburan besi di Jeniang, Kedah (Peta 1) (Mokhtar et al. 2011). Kompleks Sungai Batu berada di dalam ladang kelapa

sawit di bahagian kiri dan kanan jalan raya yang menghubungkan Merbok dan Semeling. Tapak peleburan besi di Kompleks Sungai Batu terletak berdekatan dengan tapak monumen keagamaan, tapak jeti tepi sungai dan 13 tapak pentadbiran pengurusan jeti (Peta 2). Kesemua tapak monumen Sungai Batu dibina daripada bata tanah liat. Selain bata, atap genting yang ditemui juga diperbuat daripada tanah liat. Penemuan atap genting di kesemua tapak monumen kecuali tapak keagamaan jelas menunjukkan struktur binaan berbumbung. Penemuan ini telah memberikan gambaran berbeza peranan Lembah Bujang selain sebagai pusat perdagangan, perusahaan manik dan memungut hasil hutan.



Peta 1. Lokasi tapak arkeologi Sungai Batu di Lembah Bujang dan Jeniang  
*Sumber:* Norhidayati 2015



Peta 2: Tapak Arkeologi Sungai Batu, Lembah Bujang

Peranan Kompleks Sungai Batu sebagai pengeluar besi terbaik dunia turut tercatat dalam Al-Kindi dan Al-Biruni yang menceritakan tentang kualiti besi yang dihasilkan oleh Kalah (Kedah Tua), iaitu antara tiga besi terbaik di dunia pada ketika itu selain dari Yemen dan Hindi (Hoyland & Gilmour 2006). Besi tersebut telah dikenali sebagai besi hitam dan dikatakan bermutu tinggi yang didagangkan sehingga ke India (Mokhtar et al. 2011). Penemuan 17 tapak peleburan besi di Kompleks Sungai Batu seawal tahun 535 Sebelum Masihi hingga kurun ke-15 Masihi dengan jumpaan jutaan sisa besi, ratusan ribu pecahan *tuyere* dan ribuan bijih besi yang menunjukkan berlangsungnya industri besi berskala besar selama lebih 21 kurun (Peta 2). Budaya material di tapak peleburan besi terdiri daripada tinggalan relau, kesan pembakaran, besi kembang, sisa besi, pecahan *tuyere*, bijih besi, alat batu dan alat besi. Ia ditemui secara *in situ* dan saling berasosiasi antara satu sama lain.

### Budaya Material Tapak Peleburan Besi

Budaya material tapak peleburan besi di Kompleks Sungai Batu mendedahkan tiga proses iaitu 1) proses pembersihan dan penyediaan bijih 2) proses peleburan dan 3) pembentukan jongkong besi (*ingot iron*). Proses pembersihan dan penyediaan bijih besi boleh dibuktikan dengan penemuan bijih besi dalam saiz yang kecil dan penemuan beberapa alat batu seperti lesung dan alu yang digunakan ketika proses penyediaan bijih besi (Natapintu 1988; Bennet 1988). Berdasarkan rekod kajian etnografi masyarakat etnik India, Afrika dan Sarawak, proses penyediaan bijih besi dilakukan dengan mengetuk ketulan besar bijih besi daripada proses perlombongan kepada saiz lebih kecil untuk memudahkan tindak balas kimia berlaku ketika proses peleburan (Rostoker & Bronson 1990; Christie 1988). Seterusnya ketulan kecil bijih besi ini akan dibakar dengan suhu pembakaran yang rendah untuk mengeluarkan bahan kotoran (mineral lain seperti silika dan karbon) bagi membantu mempercepatkan tindak balas kimia semasa proses peleburan (Rostoker & Bronson 1990; Suchitta 1983). Proses peleburan besi di Sungai Batu menggunakan bijih besi daripada mineral hematit dan geotit berdasarkan kepada keputusan XRD (Foto 1) (Naizatul & Mokhtar 2018). Alat batu pelandas dan batu pemukul pula digunakan dalam proses penyediaan bijih besi (*ore dressing*) (Foto 2 & 3).



Foto 1. Bijih besi

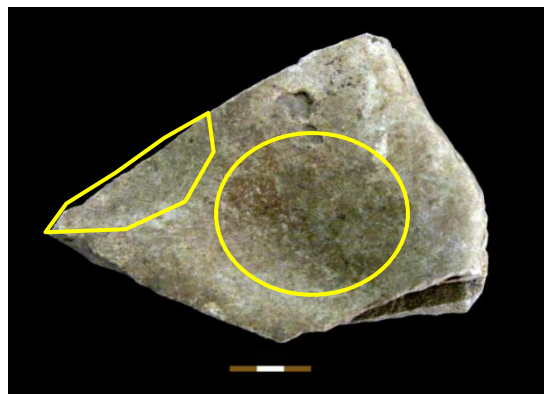


Foto 2. Batu pelandas dengan kesan dua lekukan pada permukaannya (bulatan berwarna kuning) sebagai pelapik kerja



Foto 3. Batu pemukul dengan kesan hentakan di bahagian hujungnya (bulatan kuning)

Masyarakat awal Kompleks Sungai Batu menjalankan aktiviti peleburan besi secara langsung atau *bloomery* dengan penggunaan relau, *tuyere* dan pam angin (Naizatul & Mokhtar 2018). Proses secara langsung ialah proses pengekstrakan besi secara terus daripada bijih besi dengan penggunaan bahan bakar (Rostoker & Bronson 1990; David et al. 1989). Relau merupakan dapur yang digunakan untuk meleburkan material/mineral tertentu pada suhu yang tinggi. Umumnya, struktur asas bagi sesebuah relau ialah struktur tertutup untuk mengehadkan kemasukan udara ke dalam relau. Ini membolehkan pembuat besi mengawal kemasukan udara ketika proses peleburan. Relau yang ditemui di Kompleks Sungai Batu adalah dalam bentuk pecahan iaitu hanya bahagian dasar yang ditemui. Hal ini adalah disebabkan oleh proses pemecahan relau atau sebahagian relau bagi mendapatkan besi *bloom* di bahagian dasar (tengah) relau. Kawasan melebur besi dikenali pasti berdasarkan kehadiran tanah liat terbakar dan tekstur tanah yang halus serta tinggi kandungan ferum kesan daripada aktiviti pembakaran (Foto 4). Tanah di kawasan ini berwarna lebih gelap, kaya dengan sisa arang dan turut dijumpai sisa cangkerang (Foto 5). Sisa cangkerang ini digunakan sebagai *fluks* atau pemangkin untuk menurunkan suhu takat leburan. *Fluks* boleh membantu dalam menghasilkan besi tulen dengan cara memangkin ion ferum keluar daripada bijih besi (Rostoker & Bronson 1990; Suchitta 1983).



Foto 4. Tapak SB2A daripada pandangan atas (kiri), kesan abu yang ditemui di kawasan peleburan besi tapak SB2A (kanan)



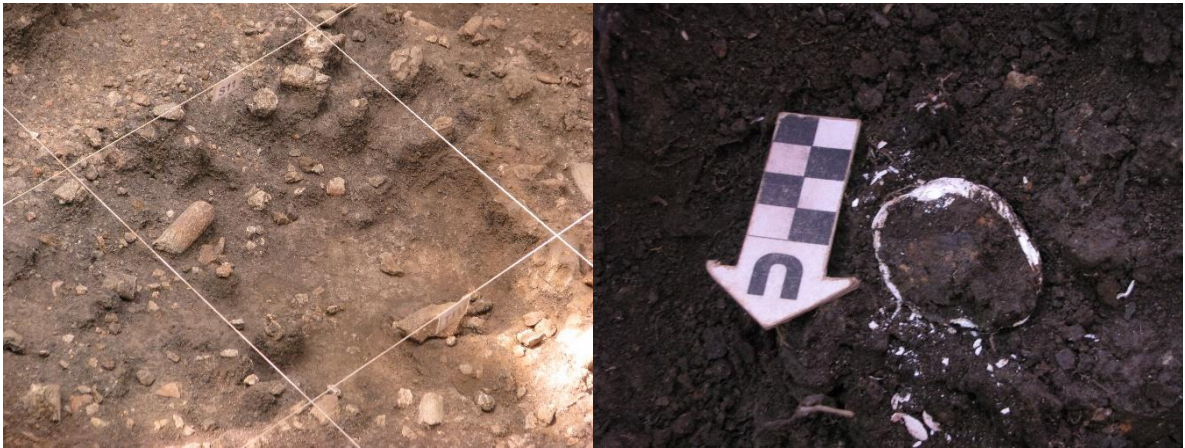


Foto 5. Kawasan melebur besi menunjukkan tanah yang lebih gelap (kiri), kehadiran sisa cangkerang yang digunakan sebagai fluks yang ditemui di kawasan melebur besi (kanan)

*Tuyere* merupakan alat yang digunakan sebagai corong udara untuk membekalkan oksigen semasa proses peleburan (Suchitta 1983) (Foto 6). Salur angin di bahagian tengahnya membolehkan udara masuk dan meningkatkan tekanan suhu di dalam relau. Analisis morfologi pecahan *tuyere* menunjukkan bahawa penghasilan *tuyere* oleh masyarakat dahulu mempunyai piawai pengukuran tertentu. Analisis XRD menunjukkan *tuyere* dihasilkan menggunakan campuran tanah liat dan pasir (Naizatul & Mokhtar 2018). Kehadiran kesan vitrifikasi pada *tuyere* disebabkan oleh pendedahan elemen kuarza secara langsung pada suhu pemanasan yang tinggi (Suchitta 1983). Kesan vitrifikasi boleh dikenalpasti berdasarkan permukaan berwarna hitam, berkilat dan seolah-olah menjadi kaca.

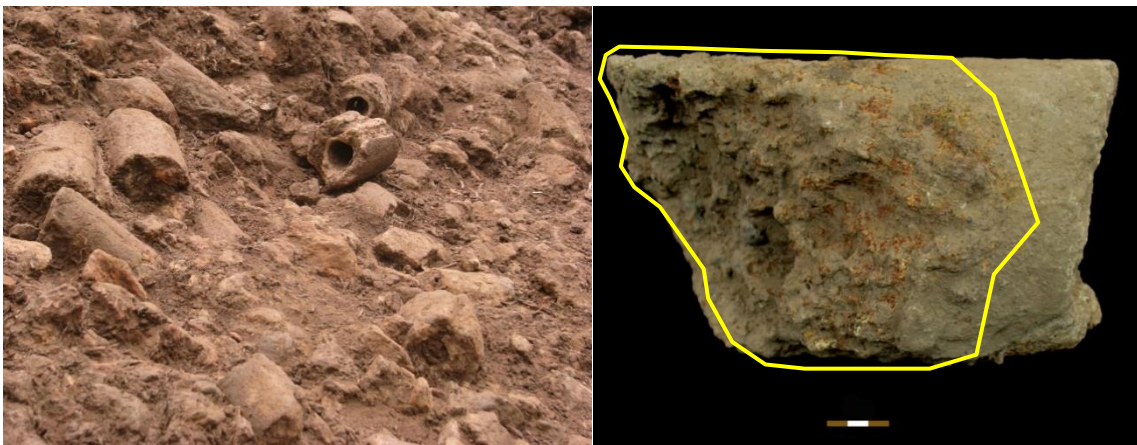


Foto 6. Puluhan ribu pecahan *tuyere* yang boleh ditemui *in situ* di tapak kajian (kiri), *tuyere* lengkap dengan kesan cairan besi di hujung (garisan berwarna kuning) (kanan)

Hasil peleburan besi terdiri daripada besi *bloom* dan sisa besi. Besi *bloom* bersifat semi-pepejal yang terdiri daripada campuran besi tulen, sisa besi dan bahan kotoran atau mineral lain (Foto 7). Besi *bloom* perlu ditempa beberapa kali untuk membuang bahan asing (mineral lain selain ferum) sehingga menghasilkan produk besi yang padat. Produk besi hasil tempaan ini dipanggil besi tempa (*wrought iron*). Besi *bloom* adalah tidak berbentuk, lebih padat dan tinggi kandungan ferum berbanding sisa besi. Penelitian morfologi besi kembang menunjukkan ciri-ciri seperti bersifat magnetik, padat, kurang porositi dan mempunyai tekstur cairan besi (Chirikure & Rehren 2004). Keseluruhan analisis mendapati berat besi kembang adalah sekitar 1 kg ke atas dan bilangan penemuannya di tapak lapangan juga adalah sedikit berbanding dengan sisa besi. Hal ini adalah kerana ianya digunakan sebagai bahan berharga dalam pembentukan produk besi (Karbowniczek 2006).

Foto 7. Besi *bloom*

Sisa besi yang terhasil daripada proses peleburan besi *bloomery* bersifat heterogen iaitu campuran bahan dengan fasa yang berlainan. Sisa besi tapak Sungai Batu diklasifikasikan kepada dua iaitu jenis I dan jenis II (Jadual 2) (Foto 8). Perbezaan bentuk, morfologi dan komposisi sisa besi bergantung kepada jenis bijih besi, bentuk relau dan cara relau beroperasi (Veldhuijzen & Rehren 2006; McDonnell 1995). Kandungan ferum pada sisa besi adalah antara 40% hingga 60% menunjukkan teknik pengekstrakan ferum dari bijih besi yang efektif bagi proses peleburan secara *bloomery* (Rostoker & Bronson 1990). Keputusan analisis XRD pula menunjukkan kehadiran mineral fayalit, wustit, magnetit dan kuartza dalam sampel sisa besi (Naizatul & Mokhtar 2018). Tapak peleburan besi ini juga telah dijumpai beberapa bilah pisau yang diperbuat daripada besi (Foto 9). Walau bagaimanapun, kehadiran alat besi ini adalah salah satu peralatan yang digunakan dan bukan yang dihasilkan di tapak ini.

Jadual 2: Morfologi sisa besi jenis I dan II

Jenis Sisa Besi	Morfologi
<b>I</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Mempunyai tekstur mengalir seperti aliran lava, berkilat dan licin</li> <li>b) Berwarna hitam</li> <li>c) Mengandungi unsur ferum yang tinggi</li> <li>d) Lebih tumpat</li> <li>e) Bersifat kemagnetan</li> <li>f) Sedikit porositi</li> <li>g) Kurang berkarat</li> </ul>
<b>II</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Tidak mempunyai tekstur mengalir seperti aliran larva dan jelas menunjukkan kehadiran bahan/kotoran</li> <li>b) Berwarna coklat kejinggaan</li> <li>c) Mengandungi unsur ferum yang rendah</li> <li>d) Kurang tumpat</li> <li>e) Kurang sifat magnetit</li> <li>f) Darjah porositi yang tinggi</li> <li>g) Mempunyai kesan berkarat</li> </ul>

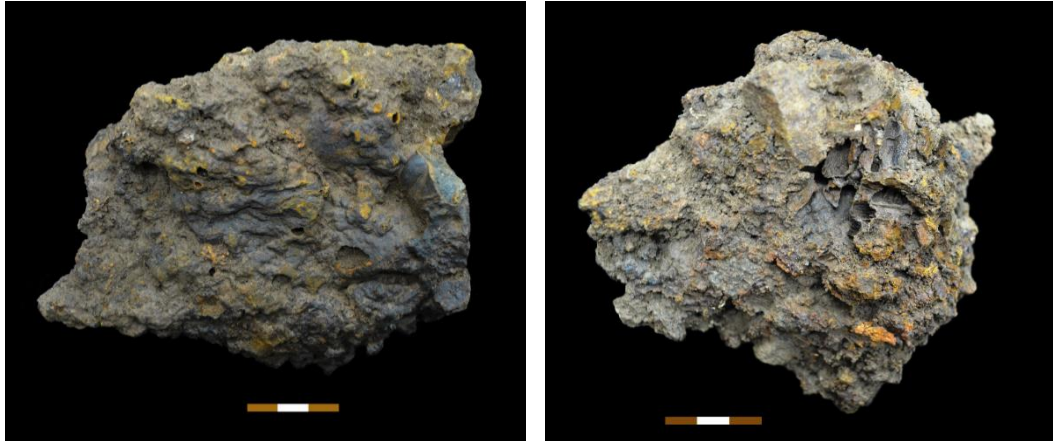


Foto 8. Sisa besi jenis I (kiri) dan sisa besi jenis II (kanan)



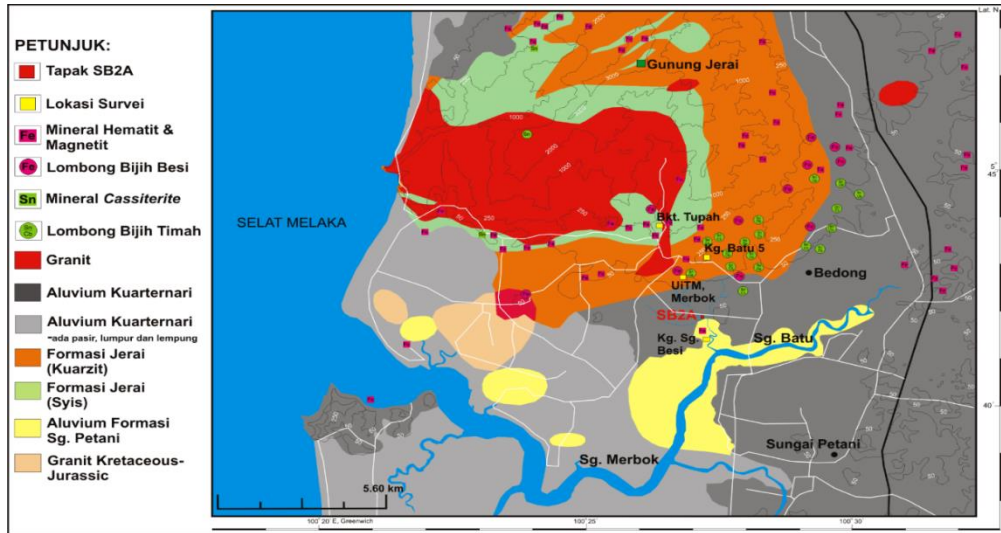
Foto 9. Alat logam yang ditemui berasosiasi dengan sisa besi

### Sumber Bahan Mentah

Penelitian terhadap peta geologi Syit 2-1/2 dan 2-1/6, mendapati bahawa kawasan Sungai Batu merupakan kawasan tanah aluvium dengan taburan bijih besi yang banyak di bahagian selatan Kampung Merbok (Peta 3). Menurut Bean (1969), bijih besi yang terdapat di kawasan ini terdiri daripada hematit dan magnetit dengan butiran bijih besi yang sangat halus kerana ia berada hampir pada lapisan granit dan metakuarsit. Kajian survei bijih besi di kawasan berdekatan tapak serta survei tanah liat melalui kaedah penggerudian di sekitar Sungai Batu kuno dijalankan bagi mengetahui sumber bahan mentah yang digunakan oleh masyarakat awal Sungai Batu.

Survei bijih besi yang dijalankan di Bukit Tupah (Foto 10), Kg. Batu 5 (Foto 11) dan kawasan Universiti Teknologi Mara (UiTM) Merbok (Foto 12) menunjukkan kehadiran bijih besi yang banyak. Perbandingan nisbah antara unsur mangan dan titanium menunjukkan bijih besi dari UiTM dan Bukit Tupah mempunyai kandungan nisbah hampir sama dengan sisa besi tapak SB2A. Pemilihan unsur mangan dan titanium untuk perbandingan kerana unsur ini keseluruhannya kekal dalam sisa besi selepas proses peleburan besi (Tylecote 1962).





Peta 3. Lokasi survei bijih besi (sebahagian Peta Geologi Syit 2-1/2 & 2-1/6 – Kawasan Gunung Jerai, skala 1:63,360)



Foto 10. Bukit Tupah





Foto 11. Kg. Batu 5



Foto 12. UiTM, Merbok

Hasil kajian penggerudian menunjukkan enapan aluvium yang banyak yang boleh diperolehi di sekitar Sungai Batu kuno (Nor Khairunnisa 2009) (Foto 13). Kekayaan sumber tanah liat ini merupakan antara faktor kepada penghasilan ratusan ribu bata dan puluhan ribu *tuyere*. Sumber bahan bakar pula diperolehi dari pokok bakau yang mudah didapati di kawasan Sungai Merbok dan kawasan paya bakau. Menurut kajian Dunn (1975), perubahan keadaan hutan adalah sedikit ataupun tiada pada 1500 hingga 500 B.P. melainkan perubahan yang disebabkan oleh kesan modifikasi manusia. Oleh itu, perbandingan dengan hutan yang ada sekarang boleh mewakili keadaan masa dahulu.



Foto 13. Kerja-kerja penggerudian sedang dijalankan (kiri), Hasil penggerudian menjumpai enapan aluvium dengan tanah lempung yang berwarna kelabu muda (kanan)

## Kesimpulan

Penelitian dan pemahaman ke atas budaya material yang dijumpai di tapak arkeologi adalah sangat penting untuk membina interpretasi seterusnya mengukuhkan fungsi dan hipotesis yang dirangka. Pemahaman lanjut boleh dibantu dengan aplikasi analisis artifak, ekofak dan analisis saintifik. Berdasarkan penemuan budaya material yang *in situ* dan dalam kuantiti yang banyak, jelas menunjukkan berlangsungnya industri besi di tapak Sungai Batu. Industri ini melibatkan semua proses daripada mendapatkan bahan mentah, pembinaan relau dan *tuyere*, penyediaan bijih sehingga proses peleburan besi. Teknik peleburan besi yang dijalankan adalah secara *bloomery* dengan suhu peleburan antara 1150°C - 1200°C dengan menggunakan bahan pemangkin ataupun *flux*. Kajian sumber bahan mentah jelas menunjukkan sumber tanah liat dan bijih besi diperolehi dari kawasan sekitar. Pentarikhan seawal tahun 535 SM hingga kurun ke-15 Masihi juga melambangkan kepentingan industri besi ini sebagai sumber ekonomi masyarakat awal Kedah Tua.

## Penghargaan

Setinggi penghargaan ditujukan kepada USM untuk geran “Kajian Arkeologi Sungai Batu”, dan pensyarah, staf serta pelajar siswazah lanjutan Pusat Penyelidikan Arkeologi Global, serta komuniti di Kompleks Sungai Batu.

## Rujukan

- Bean, J. H. 1969. *The Iron-Ore Deposits of West Malaysia*. Economic Bulletin 2. Geological Survey Headquarters, Ipoh.
- Bennet, A. 1988. Prehistoric Copper Smelting in Thailand. Dlm. *Prehistoric Studies: The Stone and Metal Ages in Thailand*. Volume. 1. Edited by Charoenwongsa P. dan Bronson, B. Thailand: Thai Antiquity Working Group
- Chirikure, S. dan T. Rehren. 2004. Ores, Furnaces, Slags, and Prehistoric Societies: Aspects of Iron Working in the Nyanga Agricultural Complex, A.D. 1300–1900. *African Archaeological Review* 21(3): 135-152.
- Christie, J. W. 1988. Ironworking in Sarawak. Dlm *Metal-working in Borneo: Essays on Iron and Silver Working in Sarawak*. Edited by Christie, J. W. & King, V. T. Hull, England: The University of Hull, Centre for South-East Asian Studies.
- David, N., R. Heimann, Killick, D. dan Wayman, M. 1989. Between Bloomery and Blast Furnace: Mafa Iron-Smelting Technology in North Cameroon. *The African Archaeological Review* 7: 183-208.
- Dunn, F. L. 1975. Rain-forest Collectors and Traders - A Study of Resource Utilization in Modern and Ancient Malaya. *Malaysian Branch of Royal Asiatic Society Monograph* 5. Kuala Lumpur: MBRAS.
- Hoyland, R. G. dan Gilmour, B. 2006. *Medieval Islamic Swords and Swordmaking*. Cambridge: Gibb Memorial Trust Arabic Studies.
- Karbowniczek, M. 2006. Metallurgical Process in Ancient Shaft Furnace – Theoretical Considerations. *Association of Metallurgical Engineers of Serbia Scientific paper* 12(2-3): 145-154.
- McDonnell, G. 1995. Iron Working Processes. The Historical Metallurgy Society: *Archaeology Datasheet No 3*. Web: [hist-met.org](http://hist-met.org) [10 Mei 2010].
- Mokhtar Saidin, Jaffrey Abdullah dan Jalil Osman. 2011a Masa depan USM dan USU dalam penyelidikan Arkeologi Serantau. *Prosiding Seminar Antarabangsa, Mengungkap Peradaban Asia Tenggara Melalui Tapak Padang Lawas, Sumatera dan Tapak Sungai Batu, Kedah*. Unit Pengembangan Riset Fakultas Ilmu Budaya USU dengan Pusat Penyelidikan Arkeologi Global, USM.
- Natapintu, S. 1988. Current Research on Ancient Copper-Base Metallurgy in Thailand. Dlm. *Prehistoric Studies: The Stone and Metal Ages in Thailand*. Volume. 1. Edited by Charoenwongsa P. and Bronson B. Thailand: Thai Antiquity Working Group.
- Naizatul Akma Mohd Mokhtar dan Mokhtar Saidin. 2018. Sumbangan Lembah Bujang Terhadap Industri Besi di Malaysia. *Jurnal Antarabangsa Dunia Melayu* 11(2): 183-200.
- Norhidayahti Mohd Muztaza. 2015. Kajian Arkeologi di Tapak Kampung Chemara dan Kampung Sungai Perahu, Jeniang, Kedah. Tesis Sarjana, Pusat Penyelidikan Arkeologi Global, Universiti Sains Malaysia.
- Rostoker, W. dan Bronson, B. 1990. Pre-Industrial Iron: Its Technology and Ethnology. *Archeomaterials Monograph* No. 1. Philadelphia, Pennsylvania.
- Nor Khairunnisa Talib. 2009. Laporan Awal Penggerudian Sungai Batu, Lembah Bujang, Kedah. Universiti Sains Malaysia. Tidak Diterbitkan.
- Suchitta, P. 1983. The History and Development of Iron Smelting Technology in Thailand. Tesis PhD, Brown University.
- Tylecote, R. F. 1962. *Metallurgy in Archaeology: A Prehistory of Metallurgy in the British Isles*. London: Edward Arnold Ltd.
- Veldhuijzen, H.A. dan Rehren, Th. 2006. Iron smelting slag formation at Tell Hammeh (Az-Zarqa), Jordan. *Proceedings of the 34th International Symposium on Archaeometry*, 3–7 May 2004. Zaragoza: Institución ‘Fernando el Católico’, 245–50.

Naizatul Akma Mohd Mokhtar  
Calon Doktor Falsafah  
Pusat Penyelidikan Arkeologi Global  
Universiti Sains Malaysia  
Pulau Pinang  
Email: naizatulm@gmail.com

Mokhtar Saidin (PhD)  
Pengarah/Profesor  
Pusat Penyelidikan Arkeologi Global,  
Universiti Sains Malaysia  
Pulau Pinang  
Email: mmokh@usm.my