

Sifat-sifat Fizik dan Kandungan Kimia Lempung Kaolin Segamat, Johor (Physical Properties and Chemical Composition of Segamat Kaolin, Johor Malaysia)

UMAR HAMZAH*, KHOR KANG LEARN
& SAHIBIN RAHIM

ABSTRAK

Lempung kaolin adalah sejenis sumber mineral sekunder yang dihasilkan oleh proses luluhawa mineral-mineral primer. Komponen utamanya ialah kaolinit bersaiz halus (<2 μ m) dan ia melimpah dengan sebatian filosilikat serta unsur lain seperti aluminium dan ferum yang membentuk pigmen. Kaolin berwarna putih susu jika mengandungi banyak komponen aluminium serta sifat keplastikannya yang rendah, seringkali digunakan dalam industri seramik, plastik, cat, kertas, pestisid, farmakologi dan kosmetik. Pencirian sifat fizik dan kimia kaolin adalah penting dalam penentuan potensi kegunaannya. Dalam kajian ini, sampel telah diambil secara penggerudian tangan sedalam 1-2 meter dari 25 lokasi di kawasan Buloh Kasap, Segamat, Johor, Malaysia. Analisis kimia telah dijalankan untuk menentukan kandungan oksida dan mineral dengan teknik pembelauan sinar-X dan pendafluoran sinar-X. Sampel kaolin juga diuji secara fizikal untuk menentukan kadar pengecutan, modulus patah dan kadar penyerapan air di samping, had plastik dan cecair serta indeks keplastikan. Kaolin Segamat mempunyai komposisi silikat yang tinggi dan berwarna cerah. Kandungan mineral terbanyak ialah kaolinit di samping kuarza sebagai bendasing. Kadar pengecutan yang rendah menunjukkan sampel kaolin adalah padat dan kurang rongga serta sesuai sebagai bahan seramik di samping tahan kepada haba yang tinggi. Kaolin ini juga mempunyai kadar penyerapan air dan keplastikan yang rendah serta kuat berdasarkan ujian modulus kekuatan patah.

Kata kunci: Analisis kimia; kaolin; seramik; sifat fizik; sinar-X

ABSTRACT

Kaolin is a source of secondary mineral as a product of a weathering process of primary minerals. Its main component is fine grain kaolinite (<2 μ m) and it also contains other elements such as aluminium and iron phyllosilicate as the pigment. Aluminium rich kaolin is light in colour with high plasticity and is normally used in the ceramic, plastic, paint, paper, pesticide, pharmacology and cosmetic industries. The physical and chemical characteristics of kaolins are important for its potential application. In this study, about 25 kaolin samples were hand-augered from depths of 1-2 m at Buloh Kasap Segamat, Johor, Malaysia. Chemical analysis carried out included determination of oxides and types of minerals by X-ray diffraction and X-ray fluorescence. Shrinkage rate, rupture modulus and water absorption rate tests were carried out in the physical properties analysis. Plastic and liquid limits of the kaolin were also measured for plastic index. The Segamat kaolin was light in colour due to its high silicate composition. The highest mineral content in the kaolin was kaolinite and quartz occurred as impurities. The low shrinkage rate showed that the kaolin was dense with little voids, hence very suitable for use in the ceramic industry. This kaolin has low water absorption, plasticity and durable according to the rupture modulus test.

Keywords: Ceramic; chemical analysis; kaolin; physical properties; X-ray

PENDAHULUAN

Keperluan bahan mentah dalam industri pembuatan tembikar semakin tinggi akibat perkembangan dan pembangunan pesat sektor perusahaan dan sektor pembinaan. Selain itu lempung kaolin juga digunakan sebagai komponen dalam pembuatan cat, kertas, pestisid dan kosmetik (Bundy 1993). Seong (2005) melaporkan kegunaan kaolin di Malaysia melibatkan sektor pembuatan batu-bata, simen, jubin dinding dan lantai, paip lempung, jubin rabung, pasu, barangan sanitari dan lain-lain. Beliau juga menyatakan simpanan kaolin di Malaysia mencecah 112 juta tan. Dalam industri yang melibatkan penggunaan

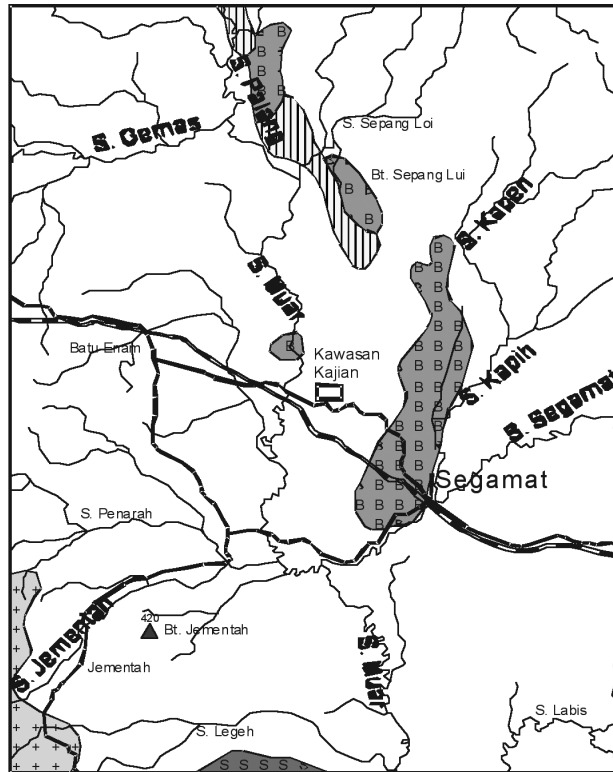
bahan lempung, hanya lempung atau kaolin yang mempunyai ciri-ciri yang berkualiti tertentu sahaja akan digunakan. Kadangkala ia terpaksa diangkut dari tempat yang jauh atau diimpot dari luar negara. Adunan lempung dalam dan luar negara juga kadangkala digunakan untuk mencapai piawaian dalam sesuatu industri pembuatan yang berasaskan lempung. Oleh itu kajian untuk memperolehi teknik adunan sehingga tidak lagi memerlukan lempung yang diimpot adalah sesuatu yang penting bagi tujuan penjimatan kos (Seong 2005).

Kaolin berasal daripada perkataan Cina yang bermaksud permatang tinggi (Johnson & Blake 1867) adalah satu jasad





yang mempunyai mineral kaolinit melebihi 50% serta mengandungi bendasing yang sangat kurang (Dombrowski 2000). Kurangnya bendasing menyebabkan warna kaolin menjadi cerah dan warnanya bergantung kepada kehadiran mineral filosilikat dan pigmen ferum serta aluminium. Lempung akan berwarna putih jika ia kaya dengan aluminium dan bertukar kepada kuning kemerahan dengan terdapatnya unsur ferum (Bailey 1963). Oleh itu, eksplorasi dan kajian lanjutan mengenai bahan mentah seperti lempung kaolin telah dipergiatkan. Seringkali di sesuatu lombong terdapat beberapa jenis lempung iaitu percampuran antara lempung yang sesuai dengan sesuatu jenis pembuatan dengan lempung yang tidak begitu sesuai untuk maksud pembuatan bahan tertentu. Ini menyebabkan ada lempung yang diambil dan sebahagian dibuang sebagai sisa di beberapa tapak perlombongan. Keadaan ini menyumbang kepada faktor pencemaran alam sekitar. Oleh itu, untuk mengoptimumkan penggunaan sumber dan mengurangkan impak persekitaran semasa



perlombongan lempung, penyelidikan perlu dilakukan untuk menilai kualiti, ciri-ciri, sifat lempung, kesesuaian untuk digunakan bagi satu atau lebih applikasi, ketahanan dan kemungkinan untuk diadunkan dengan lempung lain agar sesuai digunakan dalam industri tertentu. Kajian ini bertujuan untuk mendalami sifat-sifat fiziko-kimia dan menentukan mineralogi lempung kaolin yang terdapat di sekitar Segamat, Johor dalam rangka untuk melihat kesesuaiannya sebagai bahan dalam industri berasaskan seramik. Kertas ini membentangkan sedikit hasil kajian yang dilakukan ke atas 25 sampel yang digerudi dari Buloh Kasap, Segamat Johor.

Kawasan kajian (Rajah 1) terletak di pekan Buloh Kasap, Segamat, Johor dan ia meliputi ladang kelapa sawit yang dimiliki oleh Golden Hope Plantation. Geologi kawasan kajian secara umum terdiri daripada batuan vulkanik Segamat dan kajian secara mendalam telah dilakukan oleh Grubb (1965), Zainol dan Badarudin (2001) serta Bignell dan Snelling (1977).



Petunjuk:

-  Sedim en Trias - Jura
-  Granit
-  Basalt
-  Sedim en Tersier

- 
-  Batuan Pertengahan
-  Landasan keretapi
-  Jalan Raya
-  Saliran sungai

RAJAH 1. Peta kawasan kajian

METODOLOGI

Sejumlah 25 sampel kaolin diambil dari lokasi kajian secara rawak dan kedudukan lokasi tersebut ditentukan dengan menggunakan alat sistem penentuan global (GPS). Sampel diambil dengan menggunakan teknik penggerudian tangan yang panjangnya 1.3 m serta bergaris pusat 6 cm. Berdasarkan keratan rentas geologi, ketebalan lapisan kaolin di kawasan kajian adalah 0.9 m dan lapisan ini terletak di atas lapisan lempung berpasir. Oleh itu penggerudian sampel dibuat hanya pada kedalaman tidak melebihi satu meter. Hampir kesemua sampel diambil pada kedalaman di sekitar 0.5 m. Sampel kaolin pada kedalaman 0.5 m didapati lebih tulen dan kurang mengandungi bendasing serta akar-akar pokok. Sampel yang diambil dibawa ke makmal dan dikeringkan pada suhu bilik selama lebih kurang dua minggu. Sampel yang kering ini dihancurkan dengan lesung agat dan dimasukkan ke dalam ketuhar dan dipanaskan pada suhu 105°C dan dibiarkan selama satu hari. Sebanyak 1 g sampel telah diambil dan disediakan sebagai pelet untuk analisis sinar-X (Khor 2006) dan langkah ini membantu pengenalanpastian kandungan unsur-unsur surih dalam sampel. Pelet-pelet lakur disediakan daripada sampel untuk analisis unsur-unsur major dengan sampel dalam bentuk serbuk tersebut dikeringkan pada suhu 105°C selama satu jam dan dipindahkan ke dalam mangkuk platinum sebelum

dipanaskan di dalam relau pada suhu 1000-1100°C. Sampel yang telah terlakur tersebut juga dijadikan pelet untuk analisis unsur-unsur major. Alat PW1480 X-ray Digital digunakan untuk analisis sinar-X dengan setiap sampel memerlukan hampir 17 minit untuk penentuan unsur.

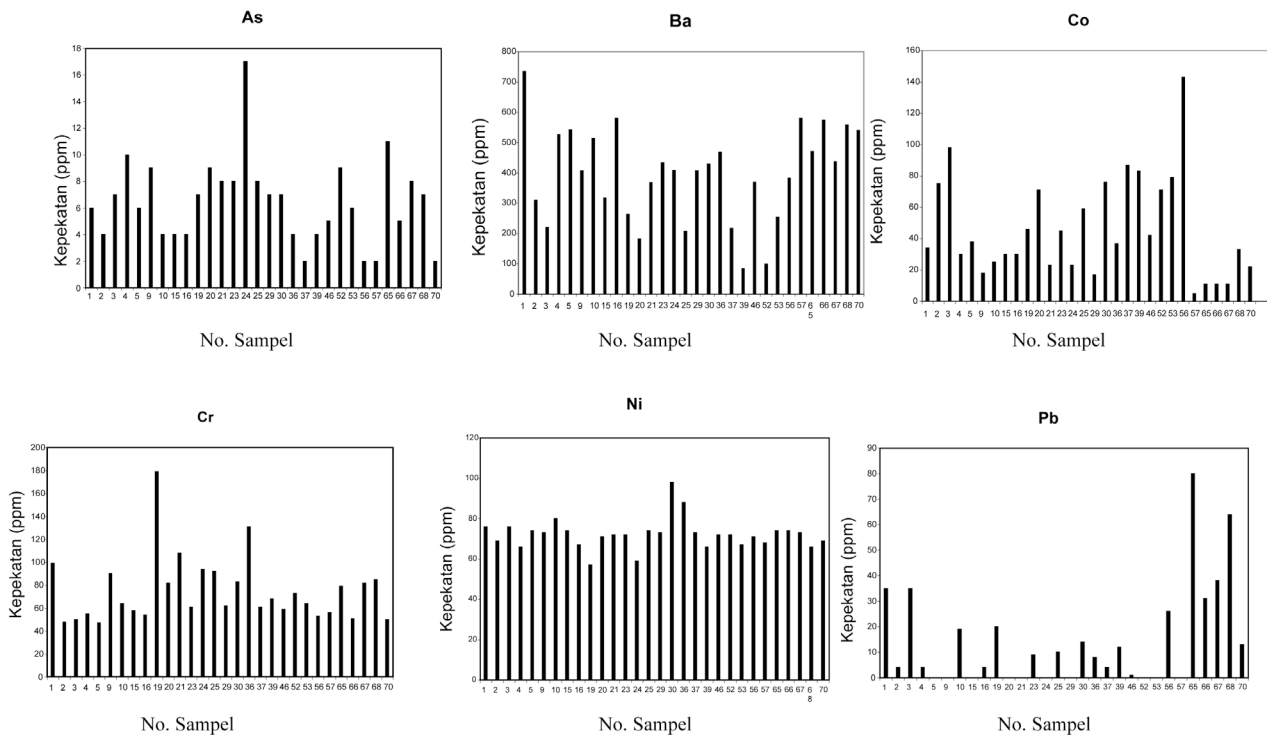
Ujian sifat fizik dilakukan di makmal Jabatan Mineral dan Geosains, Ipoh, Perak. Sampel serbuk dijadikan briket berbentuk silinder bergaris pusat 1 cm dan panjang 12 cm untuk menjalani ujian kadar pengecutan, modulus kekuatan patah dan penjerapan air. Teknik penyediaan briket dan cara ujian ini diperincikan dalam Khor (2006). Sifat keplastikan dan had cecair iaitu kadar kelembapan ketika jasad kaolin mula bersifat plastik dan bersifat bendalir dilakukan dengan menyediakan 20 g sampel serbuk yang dicampur dengan air suling untuk membentuk satu bebola. Ujian ini dilakukan dengan alat Kasagrande yang diulas dengan terperinci dalam Khor (2006).

HASIL & PERBINCANGAN

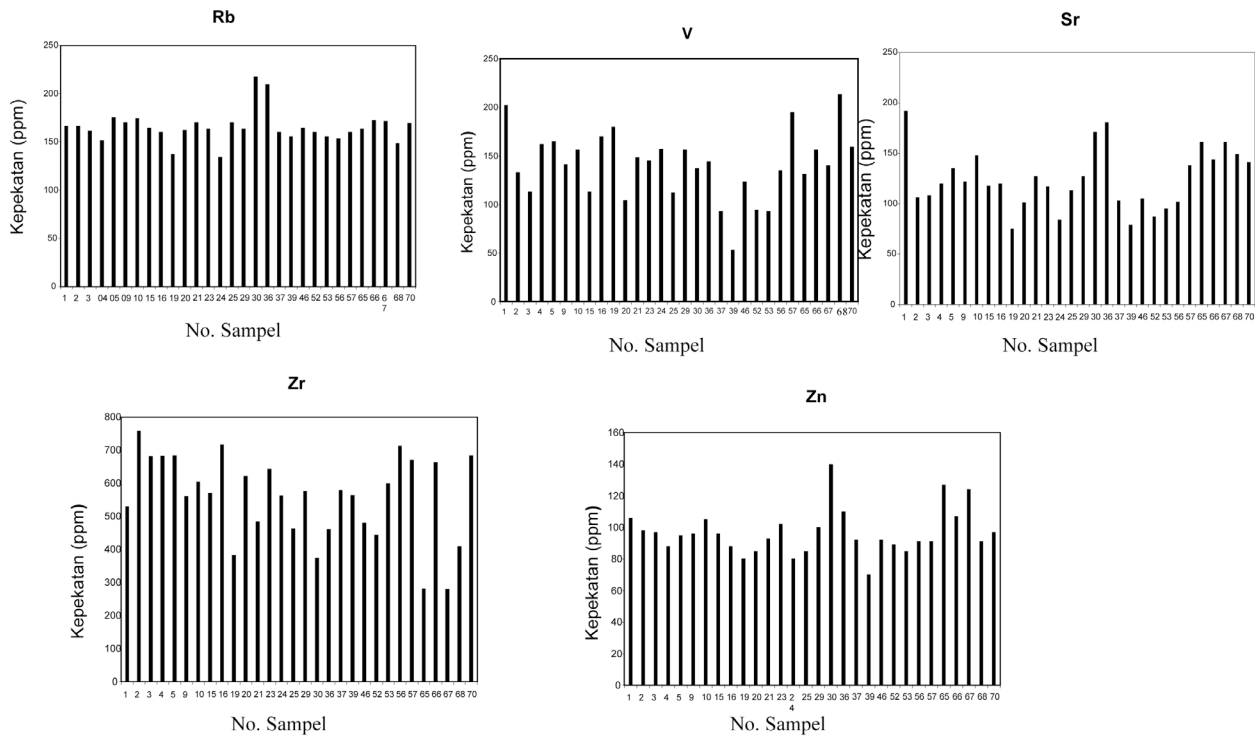
Analisis spektrometer pendafluor sinar-X (XRF) memberikan komposisi unsur-unsur surih yang terdapat dalam sampel kaolin kawasan kajian. Jadual 1 menunjukkan taburan 11 unsur-unsur surih dalam 30 sampel yang diuji. Rajah 2 (a,b) menunjukkan graf bar bagi kesemua unsur surih yang dikaji

JADUAL 1. Kepekatan unsur-unsur surih dalam sampel kaolin (BDL ialah di bawah had pengesanan)

No Sampel	Kepekatan Unsur Surih ($\mu\text{g} / \text{g}$)										
	As	Ba	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Rb	Sr	Zn	Zr
1	6	736	34	99	61	76	35	166	192	106	529
2	4	311	75	48	50	69	4	166	106	98	757
3	7	221	98	50	61	76	35	161	108	97	680
4	10	528	30	55	38	66	4	151	120	88	681
5	6	544	38	47	53	74	BDL	175	135	95	682
6	9	408	18	90	69	73	BDL	170	122	96	559
7	4	515	25	64	58	80	19	174	148	105	603
8	4	318	30	58	59	74	BDL	164	118	96	569
9	4	582	30	54	46	67	4	160	120	88	715
10	7	264	46	179	42	57	20	137	75	80	381
11	9	184	71	82	52	71	BDL	162	101	85	620
12	8	369	23	108	46	72	BDL	170	127	93	482
13	8	434	45	61	54	72	9	163	117	102	642
14	17	409	23	94	31	59	BDL	134	84	80	561
15	8	208	59	92	51	74	10	170	113	85	462
16	7	408	17	62	52	73	BDL	163	127	100	575
17	7	430	76	83	73	98	14	217	121	140	373
18	4	470	37	131	73	88	8	209	181	110	459
19	2	219	87	61	59	73	4	160	103	92	578
20	4	84	83	68	54	66	12	155	79	79	563
21	5	371	42	59	56	72	1	164	105	92	479
22	9	100	71	73	55	72	BDL	160	87	89	442
23	6	255	79	64	51	67	BDL	155	95	85	598
24	2	383	143	53	53	71	26	153	102	91	712
25	2	581	5	56	53	68	BDL	160	138	91	669
26	11	472	11	79	60	74	80	163	161	127	280
27	5	575	11	51	65	74	31	172	144	107	662
28	8	438	11	82	52	73	38	171	161	124	279
29	7	559	33	85	52	66	64	148	149	91	408
30	2	541	22	50	58	69	13	169	141	97	682



RAJAH 2a. Graf bar unsur-unsur logam berat dalam sampel kaolin



RAJAH 2b. Graf bar unsur-unsur logam berat dalam sampel kaolin

dalam sampel kaolin di kawasan kajian. Secara keseluruhan unsur yang paling dominan mengikut urutan ialah zirkonium yang menunjukkan julat kepekatan di antara 381 bpj hingga 757 bpj. Barium juga menunjukkan kadar yang agak tinggi iaitu 184 bpj hingga 736 bpj. Manakala rubidium, strontium, dan vanadium ber julat antara 100

hingga 200 bpj. Unsur-unsur surih yang lain iaitu Co, Cr, Cu Ni, Pb, As dan Zn menunjukkan nilai kepekatan yang agak rendah dalam sampel kaolin yang diuji iaitu dalam julat 4 bpj - 100 bpj. Berbanding dengan kepekatan tipikal kobalt yang terdapat dalam kerak bumi iaitu 8 bpj (Bowen 1979) dan 25-50 bpj dalam tanah (Kabata-Pendias

& Pendias 2001), kepekatan purata kobalt dalam sampel kajian (30 bpj) adalah dianggap tidak jauh berbeza.

Begitu juga dengan kandungan unsur Zr yang kepekatannya dalam sampel berjulat daripada 280-757 bpj adalah dianggap berada dalam julat tipikal dalam tanah iaitu 60-2000 (Alloway 1995). Manakala kepekatan Rb (134-217 bpj) boleh ditafsir sebagai berada dalam julat kandungan tipikal dalam lempung yang dilaporkan oleh Kabata-Pendias dan Pendias (2001) iaitu 150 bpj. Kepekatan arsenik yang disukat ialah antara 2-17 bpj. Nilai ini mewakili nilai kepekatan tipikal unsur dalam tanah seperti yang dilaporkan oleh Bowen (1979) iaitu 20-50 bpj. Kepekatan barium yang diukur dalam sampel kaolin adalah lebih rendah daripada nilai tipikal dalam tanah seperti yang dilaporkan oleh Alloway (1995) iaitu 1000 bpj. Kepekatan barium yang disukat hanya berjulat daripada 84-736 bpj.

Kepekatan plumbum dalam kaolin adalah sangat rendah dengan 10 sampel berada di bawah paras pengesanan dan 20 sampel lagi menunjukkan kepekatan

antara 1 bpj hingga 64 bpj. Bagi unsur kromium, hanya dua sampel menunjukkan kepekatan melebihi 100 bpj iaitu 108 dan 131 bpj manakala sampel selebihnya berada di bawah paras tipikal seperti yang dilaporkan oleh Bowen (1979). Kepekatan unsur strontium yang diukur jauh berada di bawah paras tipikal dalam tanah seperti yang dilaporkan oleh Bowen (1979) iaitu 300 bpj. Kepekatan Sr dalam kaolin cuma berada dalam julat 75-181 bpj. Walau bagaimanapun kepekatan unsur-unsur kupram, zink dan nikel melebihi tahap nilai tipikal dalam tanah. Ini bermakna unsur-unsur tersebut menunjukkan kepekatan anomali. Mengikut Alloway (1995), kepekatan tipikal Cu, Ni dan Zn dalam tanah adalah masing-masing 20 bpj, 50 bpj dan 50 bpj manakala kepekatan unsur-unsur tersebut dalam kaolin adalah dalam julat 31-73 bpj bagi Cu, 59-98 bpj bagi Ni dan 79-127 bpj bagi Zn.

Jadual 2 menunjukkan kandungan kepekatan dalam peratus unsur-unsur utama yang terdapat dalam sampel kaolin di kawasan kajian. Secara umum oksida yang paling umum dalam lempung kaolin Segamat ialah Al_2O_3 ,

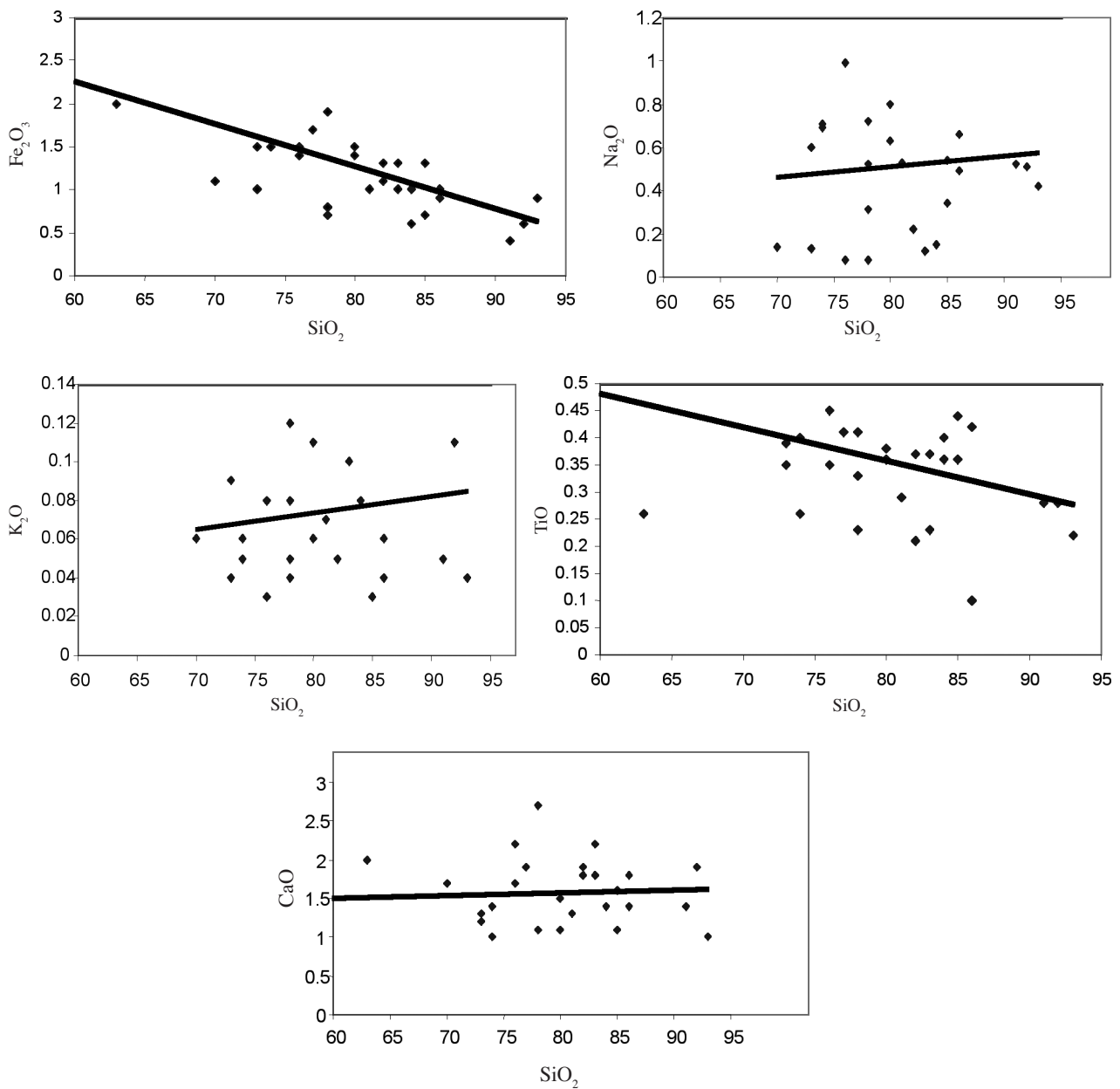
JADUAL 2. Kandungan unsur major dalam sampel kaolin (Bdl ialah di bawah had pengesanan)

Sampel	Kepekatan unsur major (%)											Total
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	LOI	
1	63	2	25.3	2	0.01	0.49	0.08	0.26	0.72	0.11	6.22	100.3
2	84	1.4	8.1	1	0	BDL	0.06	0.4	0.14	0.03	4.35	99.2
3	77	1.9	10.7	1.7	0	0.05	0.05	0.41	0.52	0.04	7.25	99.9
4	53	1	34.1	2.3	0.01	0.25	0.18	0.49	1.99	0.09	6.39	99.9
5	82	1.8	8.5	1.1	0	BDL	0.05	0.37	0.22	0.03	5.46	99.5
6	78	2.7	10.3	1.9	0.01	0.34	0.11	0.23	0.8	0.03	4.53	99.2
7	70	1.7	14.5	1.1	0.01	0.12	0.05	0.82	0.69	0.03	12.1	100.7
8	78	1.1	9.9	0.8	0.01	BDL	0.03	0.33	0.34	0.05	8.84	99.2
9	83	2.2	10.3	1.3	0.02	0.28	0.09	0.23	0.6	0.04	2.68	100.6
10	82	1.9	11.4	1.3	0.02	0.21	0.06	0.21	0.71	0.02	2.85	100.4
11	80	1.5	12.8	1.4	0.01	0.36	0.08	0.38	0.99	0.01	3.52	100.7
12	74	1	13.4	5	0.01	0.03	0.04	0.26	0.66	0.03	6.81	100.9
13	85	1.1	8.1	0.7	0.01	BDL	0.04	0.36	0.13	0.02	3.57	99.3
14	73	1.2	14.5	1	0	0.15	0.07	0.35	0.53	0	9.39	100.3
15	74	1.4	16.6	1.5	0	0.07	0.06	0.4	0.49	0.05	6.47	100.7
16	76	1.7	14.5	1.5	0	0.12	0.11	0.35	0.51	0.01	5.27	100.4
17	86	1.8	8.6	1	0	0.3	0.04	0.1	0.42	0	2.56	101
18	73	1.3	14.7	1.5	0	0.1	0.06	0.39	0.63	0.04	7.23	98.8
19	81	1.3	11.1	1	0	BDL	0.05	0.29	0.52	BDL	4.05	99.4
20	86	1.4	8.8	0.9	0.01	0.38	0.18	0.42	0.54	0.08	2.04	100.7
21	92	1.9	4.4	0.6	0.01	0.03	0.1	0.28	0.12	0.02	1.93	101
22	93	1	2.3	0.9	0	BDL	0.03	0.22	0.08	0.04	2.73	99.9
23	80	1.1	11.6	1.5	0	0.08	0.12	0.36	0.31	0.07	4.69	100.1
24	91	1.4	4.1	0.4	0	0.12	0.04	0.28	0.08	0.04	2	99.5
25	85	1.6	6.4	1.3	0.01	BDL	0.08	0.44	0.15	0.07	4.65	100
26	83	1.8	10.8	1	0.02	0.38	0.17	0.37	0.87	0.07	2.65	100.9
27	76	2.2	10.2	1.4	0	BDL	0.05	0.45	0.36	0.06	8.99	100
28	78	1.8	13.9	0.8	0.01	0.08	0.12	0.69	0.48	0.03	5.45	101.1
29	78	1.7	15.1	0.7	0	0.13	0.1	0.41	0.48	0.01	4.29	100.4
30	84	1.9	8.5	0.6	0	BDL	0.1	0.36	0.38	0.08	3.9	100.2
Purata	79	1.6	11.8	1.3	0.006	0.2	0.08	0.4	0.5	0.4	5	100
Julat	53-93	1.0-2.7	2.3-34.1	0.4-2.3	0.01-0.02	0.03-0.49	0.01-0.18	0.1-0.69	0.08-1.99	0.01-0.11	1.93-9.39	98.8-101.1

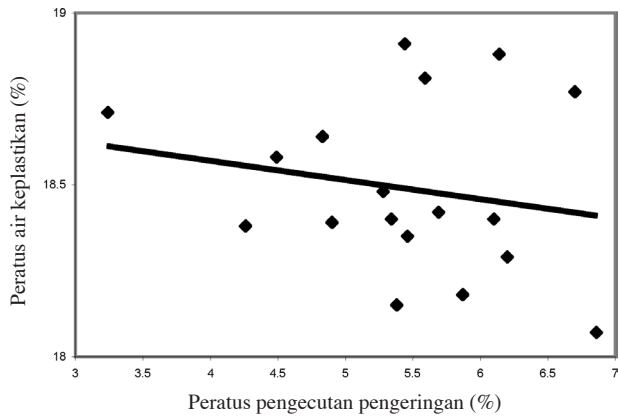
Fe_2O_3 , TiO_2 , K_2O , Na_2O dan P_2O_5 manakala CaO , MnO dan MgO pula merupakan unsur-unsur major yang paling kurang. Julat kandungan silika ialah daripada 53% hingga 93%. Rajah 3 menunjukkan plot-plot beberapa unsur major melawan kandungan silika dengan kandungan besi, naterium, dan alumina menunjukkan trend negatif dengan pertambahan silika manakala unsur-unsur kalsium, kalium dan titanium menunjukkan tren positif dengan kandungan silika. Tren yang berbeza ini berkait rapat dengan proses pembentukan hablur dalam magma yang sedang membeku dan dengan itu membuktikan bahawa kaolin berasal daripada proses luluhawa batuan igneus.

Tiga sampel telah digunakan untuk ujian penentuan sifat fizik iaitu kadar pengecutan oleh pengeringan, pengecutan oleh pembakaran, modulus kekuatan patah,

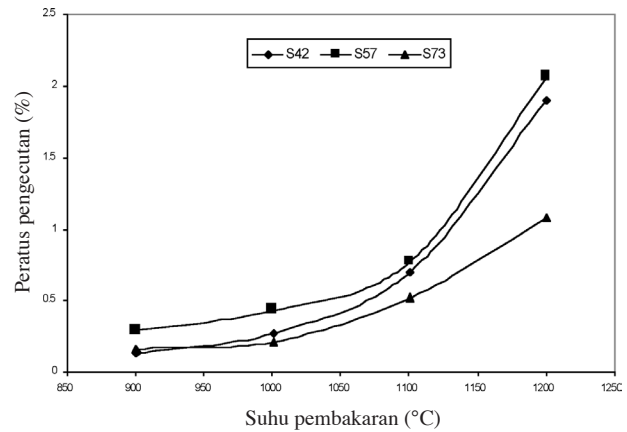
kadar penyerapan air dan sifat keplastikan. Hasil ujian pengecutan oleh pengeringan (Rajah 4) menunjukkan sampel kaolin telah mengalami pengecutan basah hingga kering pada kadar 3% – 8% dengan peratus air keplastikan yang tersingkir di sekitar 18% hingga 23%. Hasil ujian pengecutan oleh pembakaran dalam relau menunjukkan kadar pengecutan pada suhu 900°C adalah 0.1 hingga 0.3% manakala kadar pengecutan pada suhu 1200°C adalah 1 hingga 2%. Plot graf % pengecutan melawan suhu (Rajah 5) menunjukkan kadar % pengecutan meningkat dengan pertambahan suhu secara eksponen. Kadar pengecutan mencerminkan kandungan liang dengan liang yang banyak akan meningkatkan kadar pengecutan manakala sampel yang kurang kandungan liang menunjukkan kadar pengecutan yang lebih kecil.



RAJAH 3. Taburan beberapa unsur major dalam sampel kaolin



RAJAH 4. Lengkung taburan % pengecutan pengeringan melawan % air keplastikan

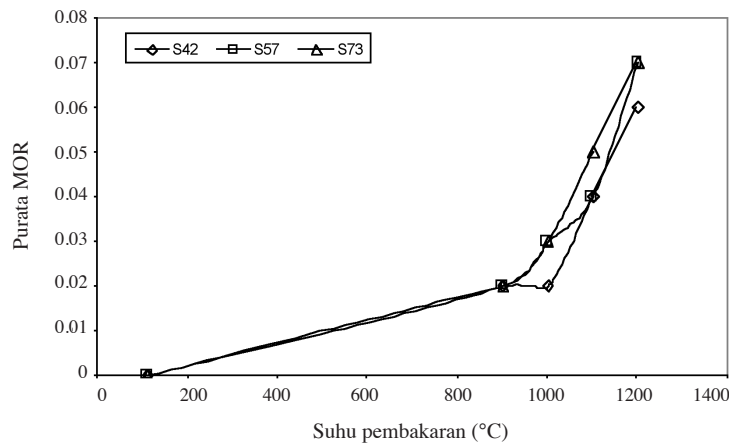


RAJAH 5. Lengkung purata % pengecutan kaolin dengan pembakaran bagi sampel no. 42, 57 dan 73

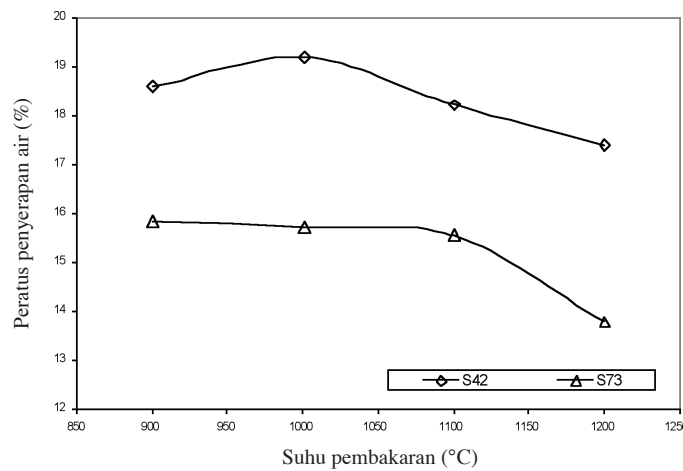
Hasil ujian modulus kekuatan patah (MOR) ditunjukkan dalam Rajah 6 yang menunjukkan korelasi antara purata MOR dengan setiap fasa suhu yang berbeza bagi setiap sampel. Pengeringan pada suhu oven iaitu 110°C memberikan purata MOR minimum bernilai sifar bagi semua sampel yang diuji manakala tahap purata MOR maksimum pada suhu 1200°C adalah 0.06 – 0.07 kg/

mm². Implikasi ujian adalah peleburan zarah-zarah sampel pada suhu tinggi menyebabkan berlaku pengecutan dan kepadatan serta lebih tahan terhadap patahan.

Hasil ujian penyerapan air ditunjukkan dalam Rajah 7 melalui korelasi antara peratus penyerapan air dengan fasa suhu yang berbeza-beza. Tren lengkung menunjukkan peratus penyerapan air pada suhu 900°C adalah 19%



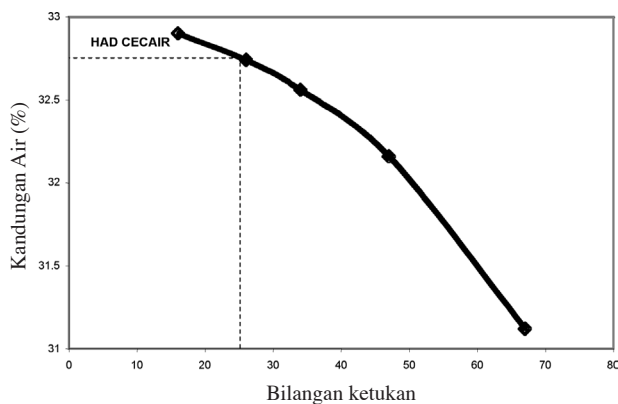
RAJAH 6. Lengkung modulus patah (MOR) dengan pembakaran



RAJAH 7. Lengkung % penyerapan air dengan suhu pembakaran

yang meningkat kepada 20% pada suhu 1000°C. Peratus penyerapan menurun kepada 17% pada suhu 1200°C. Fenomena ini menunjukkan kadar peratus penyerapan air maksimum pada suhu 1200°C yang boleh ditafsirkan sebagai pemusnahan hablur kaolin maksimum pada suhu ini. Akibat daripada hablur yang musnah, ia tidak dapat lagi menyerap air pada suhu yang lebih tinggi (Grim & Bradley 1948).

Sifat keplastikan adalah unik dan dipunyai oleh semua jenis lempung sama ada primer atau sekunder. Fadli (2004) mendapati kaolin mempunyai sifat keplastikan yang rendah berbanding lempung sekunder yang lain. Hasil ujian menunjukkan bahawa indeks keplastikan sampel adalah dalam julat 16 - 19 dan menurut Ryan dan Radford (1987), julat ini mewakili lempung kaolin atau kaolin plastik. Rajah 8 menunjukkan lengkung kandungan air melawan bilangan ketukan bagi penentuan had keplastikan.



RAJAH 8. Lengkung kadar keplastikan melawan kandungan air

KESIMPULAN

Sampel kaolin Segamat pada amnya mempunyai komposisi silika dan silikat yang sangat tinggi melalui kehadiran mineral kuarza dan kaolinit sehingga menyebabkan warnanya menjadi putih dan cerah. Kandungan arsenik yang rendah yang berkait rapat dengan kadar keracunan menjadikan kaolin Segamat sesuai digunakan dalam industri pembuatan seramik. Kandungan kuarza yang tinggi juga terdapat dalam sampel kaolin sebagai bendasing. Susunan zarah yang amat padat menjadikan kaolin ini kekurangan ruang untuk proses pengecutan dibuktikan melalui ujian pengecutan. Oleh itu, ia sangat sesuai dijadikan bahan membuat seramik kerana sifatnya yang tahan haba tinggi. Di samping itu, peratus penyerapan air adalah rendah berbanding lempung lain membolehkan kaolin yang dikaji dikategorikan sebagai bahan kurang telap air. Walau bagaimanapun, kaolin Segamat dianggap kurang sesuai digunakan dalam industri seramik yang melibatkan reka bentuk yang banyak kerana sifat keplastikan yang rendah melalui ujian sifat keplastikan.

RUJUKAN

- Alloway, B.J. 1995. *Heavy Metal in Soils*. London: Blackie Academic and Profesional.
- Bailey, S.W. 1963. Polymorphism of the kaolin minerals. *American Mineralogist* 48: 1196-1209.
- Bignell, J.D. & Snelling, N.J. 1977. K-Ar ages of some basic igneous rocks from peninsular Malaysia and Thailand. *Bull. Geol. Soc. of M'sia* 8: 89-93.
- Bowen, H.J.M. 1979. *Environmental Chemistry of the Elements*. New York: Academic Press.
- Bundy, W.M. 1993. The diverse industrial applications of kaolin. Dalam Murray, H., Bundy, W.M. & Harvey, C (ed.). *Kaolin Genesis & Utilisation. Special Publication 1*. p. 43-74. Boulder Colorado: The Clay Mineral Society.
- Dombrowski, T. 2000. The origins of kaolinite-implications and utilization. Dalam Carty, W.M. & Sinton, C.W (ed.). *Science of whitewares II* (p. 3-12) Westerville: American Ceramic Society.
- Fadli, M.H. 2004. Laporan Kejuruteraan bahan latihan industri. Laporan dalaman Jabatan Mineral & Geosains Malaysia (tidak diterbitkan).
- Grim, R.E. & Bradley, W.F. 1948. Rehydration and dehydration of the clay minerals. *American Mineralogist* 33: 50-59.
- Grubb, P.L.C. 1965. Undersaturated potassic lavas and hypabassal in north Johore. *Geol. Mag.* 102: 338-346.
- Kabata-Pendias, A. & Pendias, H. 2001. *Trace Elements in Soils and Plants*. Florida: CRC Press.
- Johnson, S.W. & Blake, J.M. 1867. On kaolinit and pholerite. *Am. J. Sci.* 43: 351-361.
- Khor, K. L. 2006. Kajian sifat fizik dan kimia lempung kaolin Segamat Johor. Tesis BSc Universiti Kebangsaan Malaysia (Tidak diterbitkan).
- Ryan, W. & Radford, C. 1987. *Whitewares: Production, testing and quality control*. Oxford: The Institute of Ceramics.
- Seong, K.P. 2005. Sustainable mining of the clay resources in Peninsular Malaysia. *Bull. Geol. Soc. of Malaysia* 51: 1-5.
- Zainol, H. & Badarudin, M.H. 2001. Kajian potensi sumber lempung di negeri Johor. Laporan Jabatan Mineral & Geosains (Tidak diterbitkan).

Pusat Pengajian Sains Sekitaran & Sumber Alam
Fakulti Sains dan Teknologi
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM Bangi, Selangor D.E.
Malaysia

*Pengarang untuk surat-menyurat; email: umar@ukm.my

Diserahkan: 18 November 2008
Diterima: 9 Mei 2009