

Penggunaan Garam-Garam Kalium sebagai Agen Pengaktifan Kimia bagi Penyediaan Karbon Teraktif daripada Serepai Batang Kelapa Sawit

**Mohd Zobir Hussein, Z. Zulkarnain,
Lau Ai Ai dan M. Badri¹**

*Jabatan Kimia
Fakulti Sains dan Pengajian Alam Sekitar
Universiti Pertanian Malaysia
43400 UPM Serdang, Selangor Darul Ehsan, Malaysia
¹Institut Minyak Sawit Malaysia (PORIM)
6 Persiaran Institusi
43650 B. B. Bangi, Selangor Darul Ehsan, Malaysia*

Received 9 July 1993

ABSTRAK

Karbon teraktif daripada serepai batang kelapa sawit telah disediakan dengan kaedah penyulingan merosak dalam keadaan vakum dengan menggunakan beberapa jenis garam kalium, pada pelbagai peratus kandungan, sebagai agen pengaktifan. Perbandingan sifat-sifat kimia dan fizik karbon teraktif yang terhasil menunjukkan bahawa jenis garam kalium dan peratusnya memainkan peranan penting dalam menentukan sifat karbon teraktif yang akan dihasilkan.

ABSTRACT

Activated carbon was prepared from the chips of oil palm trunk by destructive distillation under vacuum, using potassium salts at various concentrations, as the chemical activation agent. The chemical and physical properties of the resulting activated carbon showed that the type and the percentage of potassium salts play an important role which determines the properties of the resulting activated carbon.

Katakunci: Karbon teraktif, batang kelapa sawit, luas permukaan, pengaktifan kimia

PENDAHULUAN

Proses pirolisis kayu atau bahan-bahan lignoselulosa akan menghasilkan empat hasil utama: arang, gas-gas, asid piroligneus dan tar kayu (Klar 1925). Arang yang terhasil boleh dimanfaatkan untuk menghasilkan pelbagai karbon amorfous seperti karbon hitam dan karbon teraktif untuk kegunaan industri dan kehidupan harian, seperti tayar dan barangan getah, pembersihan gula dan air, pemprosesan bahan kimia, bahan farmasi dan lain-lain.

Arang yang terhasil dengan kaedah penyulingan merosak ini boleh diaktifkan untuk penghasilan karbon teraktif. Ini telah dilakukan untuk

kayu bakau daripada spesies kurap (*Rhizophora apiculata*) (Jamaluddin 1989) dan minyak (*Rhizophora mucronata*) (Zulkarnain *et al.* 1993).

Pengaktifan karbon boleh dilakukan dengan dua cara, sama ada secara pengaktifan fizikal atau pun pengaktifan kimia. Pengaktifan fizikal biasanya melibatkan penggunaan bahan pengaktif seperti gas karbon dioksida, stim atau pun kombinasi kedua-duanya, sementara pengaktifan kimia melibatkan penggunaan bahan kimia seperti asid fosforik (Jagtoyen *et al.* 1992), garam kalium (Laine and Calafat 1991), zink klorida (Caturla *et al.* 1991) dan sebagainya. Penggabungan kedua-dua kaedah, fizikal dan kimia dengan menggunakan zink klorida sebagai bahan pengaktif telah dilaporkan dapat meninggikan luas permukaan sehingga melebihi 3000 m²/g (Caturla *et al.* 1991).

Sungguh pun kajian terdahulu menunjukkan bahawa batang kelapa sawit tidak sesuai dijadikan arang disebabkan nilai kalorinya yang rendah (4032 kkal/kg) dan nilai abunya yang tinggi (37.2%) (Lim 1992), kajian mengenai kesesuaiannya sebagai bahan mentah untuk menghasilkan karbon teraktif belum lagi dijalankan. Oleh yang demikian satu kajian telah dijalankan. Disamping itu sifat kimia dan fizik karbon teraktif yang dihasilkan dikaji dari segi pengaruh jenis garam kalium dan peratusnya terhadap luas permukaan karbon teraktif yang dihasilkan.

BAHAN DAN KAEDAH

Karbon teraktif daripada serepai batang kelapa sawit yang dibekalkan oleh PORIM, telah disediakan dengan menggunakan kaedah penyulingan merosak pada keadaan vakum seperti yang telah dipatenkan (British Patent 2086867, 1984).

Sebanyak 6 g serepai batang kelapa sawit bersaiz 0.1 - 1.0 sm yang telah dikeringkan di dalam ketuhar pada suhu 80°C selama seminggu, dimasukkan ke dalam kaca sinter yang kemudiannya dimasukkan ke dalam turus pembakar kuartza. Turus ini kemudiannya dimasukkan ke dalam relau turus.

Turus kuartza kemudiannya divakumkan dan seterusnya dipanaskan sehingga mencapai suhu 500°C. Setelah keadaan ini tercapai, sampel tersebut kemudiannya dipanaskan selama tiga jam. Selepas pemanasan selesai, karbon yang terbentuk dibiarkan menyejuk dan dijadikan serbuk dengan mengayak menggunakan tapis Endecotts 80-100 mesh, dan disimpan untuk pencirian seterusnya.

Impregnasi telah dilakukan dengan menimbang 20 g serepai batang kelapa sawit dan dicampurkan dengan 150 ml larutan garam K₂C₃O dengan peratus kandungan tertentu (Laine and Calafat 1991). Campuran tersebut kemudiannya dipanaskan dalam kukus air sehingga larutan berlebihan terwap keluar. Sampel kemudiannya dikeringkan pada 120°C semalaman di dalam ketuhar. Sampel yang telah terimpregnasi kemudiannya digunakan untuk menyediakan karbon teraktif dengan cara yang sama seperti di atas. Garam-garam kalium lain seperti klorida dan fosfat juga digunakan untuk kajian perbandingan.

Luas permukaan karbon teraktif yang dihasilkan ditentukan dengan menggunakan kaedah iodin (Puri dan Bansal 1965), yang telah dibuktikan dapat memberi nilai luas permukaan yang setanding dengan nilai yang didapati dengan menggunakan kaedah jerapan gas B.E.T. (Rozman 1993). Penentuan logam-logam utama (seperti Na dan Mg) dan surih (Mn, Fe dan Zn) yang terkandung dalam serepai batang kelapa sawit dilakukan dengan menggunakan kaedah pengaktifan neutron, sementara kaedah mikroskop elektron pengimbasan digunakan untuk melihat morfologi serepai batang kelapa sawit dan karbon teraktif yang dihasilkan.

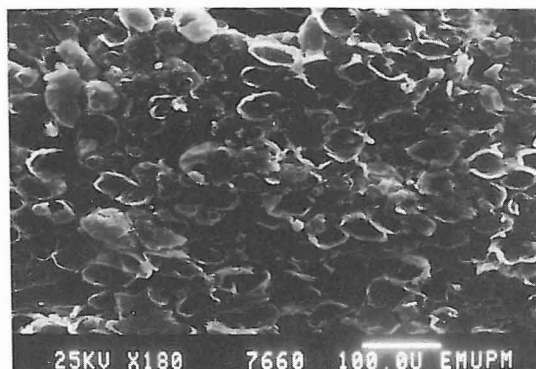
Kandungan lembapan dan pH karbon teraktif yang terhasil ditentukan dengan menggunakan kaedah seperti yang disyorkan oleh SIRIM (SIRIM 1984).

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

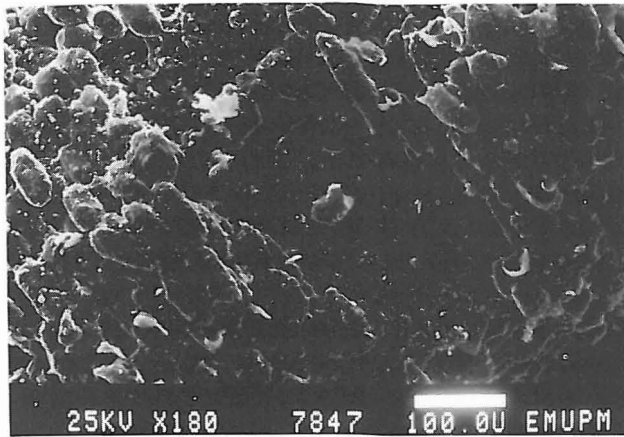
Mikrograf Elektron Pengimbasan

Rajah 1a menunjukkan mikrograf elektron pengimbasan bagi serepai batang kelapa sawit pada pembesaran 180x, sementara *Rajah 1b* menunjukkan serepai batang kelapa sawit yang telah diimpregnasikan dengan 4% larutan kalium karbonat pada pembesaran yang sama. Jika perbandingan *Rajah 1a* dengan *1b* dibuat, jelas menunjukkan bahawa terdapat hablur-hablur garam pada permukaan luar serepai batang kelapa sawit tersebut akibat proses impregnasi yang telah dilakukan. Saiz hablur-hablur garam ini adalah sekitar 2 - 4 μm seperti yang ditunjukkan dalam *Rajah 1c* pada pembesaran 1000x.

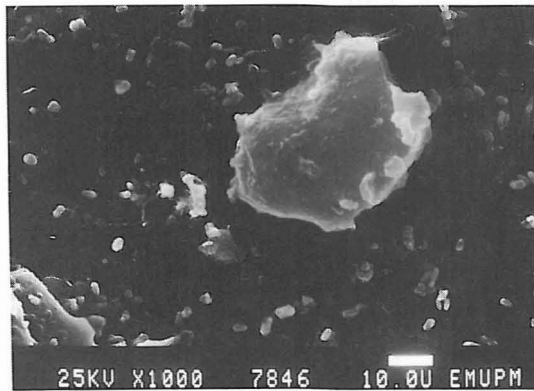
Rajah 1d menunjukkan mikrograf elektron pengimbasan bagi karbon teraktif yang disediakan daripada batang kelapa sawit tanpa penggunaan agen pengaktifan, menunjukkan kehadiran liang-liang asal yang masih kekal walaupun proses pengkarbonan telah dilakukan. Ini menunjukkan bahawa semasa proses pengkarbonan, hanya bahan-bahan meruap sahaja yang dikeluarkan, sementara bahan-bahan lignoselulosa masih kekal seperti sedia kala.



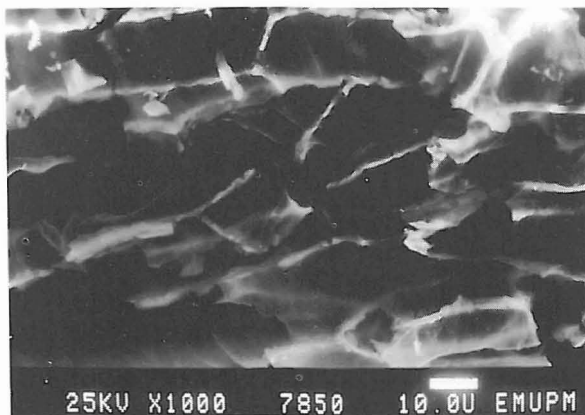
*Rajah 1. Mikrograf elektron pengimbasan bagi
(a) Serepai batang kelapa sawit pada pembesaran 180x*



(b) Serepai batang kelapa sawit terimpregnasi dengan larutan kalium karbonat pada pembesaran 180x



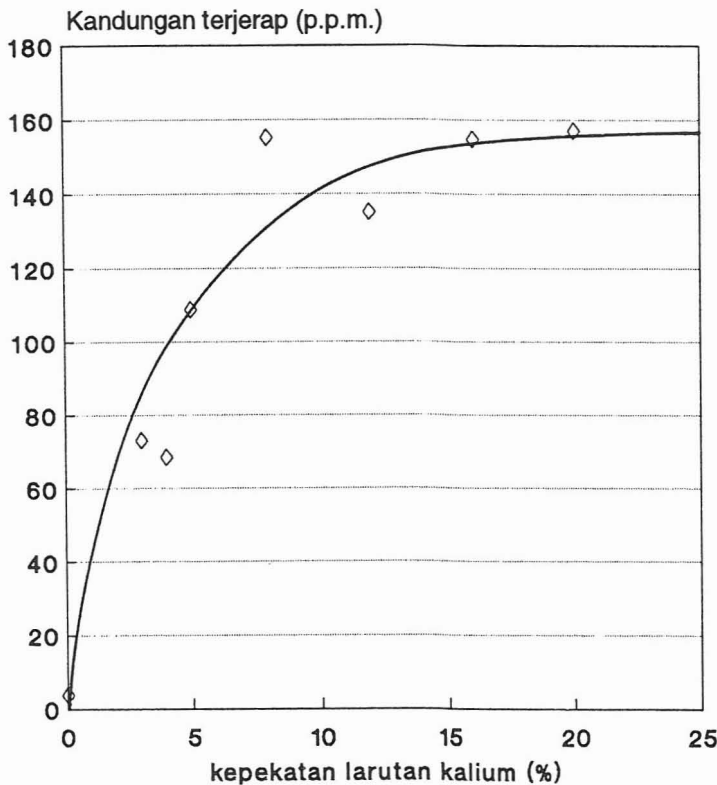
(c) Seperti (b) tetapi pada pembesaran 1000x.
Habur-habur kalium karbonat dianggarkan bersaiz di antara 2-4 mm



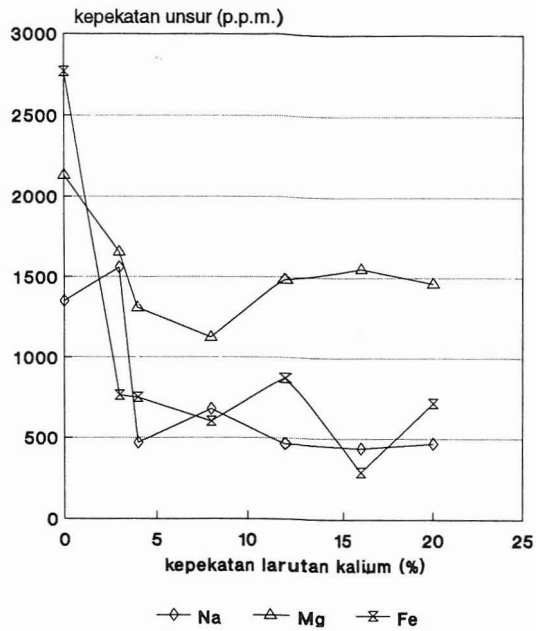
(d) Karbon teraktif yang disediakan daripada serepai batang kelapa sawit

Impregnasi Garam Kalium dan Kesannya terhadap Unsur-unsur Lain

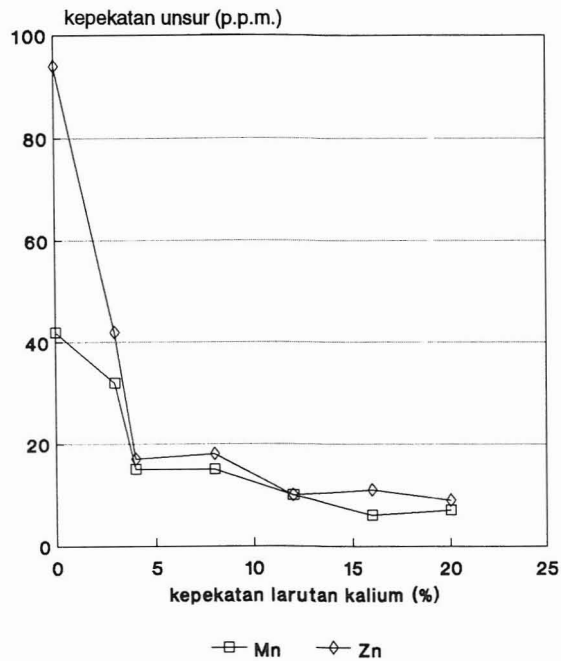
Rajah 2a menunjukkan sifat jerapan larutan garam kalium karbonat ke atas serepai batang kelapa sawit. Pertambahan kepekatan larutan garam tersebut mengakibatkan pertambahan garam yang terjerap secara eksponen. Bentuk isoterma jerapan menunjukkan ciri pertambahan awal secara mendadak bagi bahan penyerap pada kepekatan garam yang rendah dalam larutan dan diikuti dengan bahagian mendatar pada kepekatan garam yang lebih tinggi. Kesan daripada pertambahan kepekatan larutan garam K_2CO_3 sebagai agen pengaktifan serepai batang kelapa sawit terhadap kandungan Na, Mg, Mn, Fe dan Zn setelah karbon teraktif terbentuk juga telah dikaji. Pada umumnya didapati bahawa kepekatan Na, Mg, Mn, Fe dan Zn menurun dengan pertambahan larutan garam kalium, seperti yang ditunjukkan di dalam *Rajah 2b* untuk Na, Mg dan Fe, dan *Rajah 2c* untuk Mn dan Zn. Ini menunjukkan bahawa terjadi proses larut lesap unsur-unsur tersebut daripada serepai batang kelapa sawit kepada larutan garam kalium karbonat, dan unsur-unsur yang terlarut lesap ini pada umumnya berkurang dengan pertambahan peratus kalium dalam larutan.



Rajah 2. Impregnasi kalium karbonat dan kesannya terhadap unsur-unsur lain
 (a) Plot peratus kalium karbonat dalam larutan melawan kandungan kalium yang terjerap pada serepai batang kelapa sawit



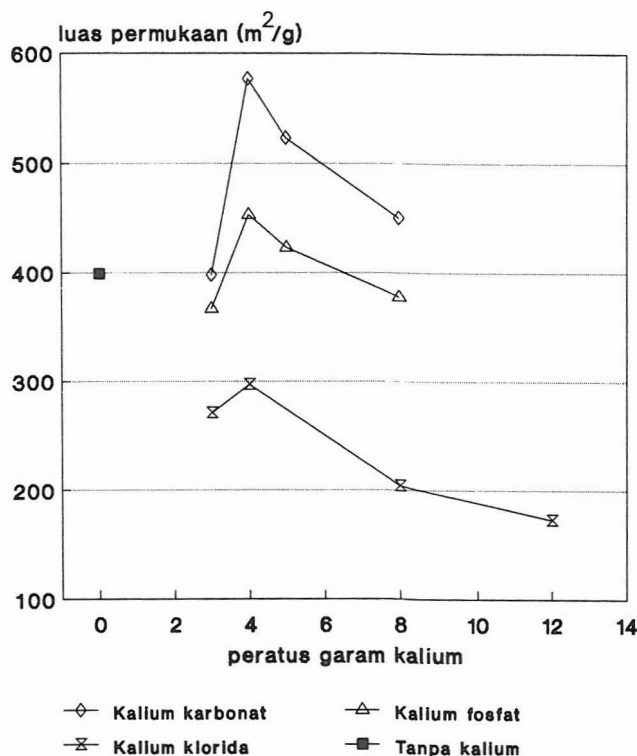
(b) Plot peratus kalium karbonat dalam larutan melawan kandungan Na, Mg dan Fe yang masih tertinggal dalam serepai batang kelapa sawit



(c) Plot peratus kalium karbonat dalam larutan melawan kandungan Mn dan Zn yang masih tertinggal dalam serepai batang kelapa sawit

Kesan Peratus Impregnasi Garam Kalium terhadap Luas Permukaan

Kajian awal menunjukkan bahawa tanpa agen pengaktifan, penyediaan karbon teraktif pada 500°C dengan pemanasan selama 3 jam, menghasilkan karbon teraktif dengan nilai luas permukaan 400 m²/g. Ini ditandakan di dalam *Rajah 3*. Parameter suhu dan masa pemanasan ini ditetapkan bagi penyediaan karbon teraktif seterusnya. Agen pengaktifan yang terdiri daripada garam-garam kalium pada pelbagai peratus kandungan, dengan proses impregnasinya telah diterangkan, diguna untuk penyediaan karbon teraktif seterusnya.



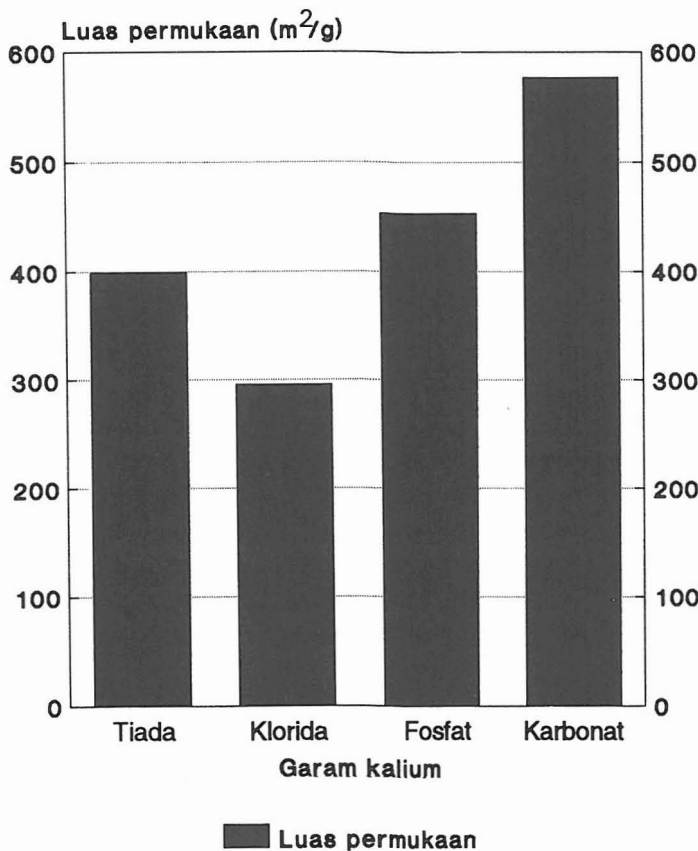
Rajah 3. Kesan peratus impregnasi bagi pelbagai garam kalium terhadap luas permukaan karbon teraktif yang disediakan pada suhu 500°C dan 3 jam pemanasan. Luas permukaan karbon teraktif yang disediakan tanpa penggunaan agen pengaktifan garam kalium juga ditunjukkan sebagai perbandingan

Kesan sifat pengaktifan kimia oleh garam-garam klorida, karbonat dan fosfat untuk penyediaan karbon teraktif daripada serapai batang kelapa sawit terimpregnasi, pada keadaan vakum ditunjukkan dalam *Rajah 3*. Jelas ditunjukkan bahawa bagi semua garam kalium yang digunakan, kesan kepekatan terhadap fungsi impregnasi adalah mengikut corak yang sama, dengan pertambahan peratus muatan garam akan menambahkan luas permukaan karbon teraktif yang dihasilkan. Sebaliknya apabila peratus muatan garam-garam ini melebihi 4%, maka kesan negatif terhadap luas

permukaan akan didapati, dengan penambahan muatan garam akan menurunkan nilai luas permukaan karbon teraktif yang akan dihasilkan. Kesan negatif sedemikian adalah berkaitan dengan kesan “hapus terbakar” yang berlebihan bagi bahan-bahan pemula (Laine and Calafat 1991).

Kesan Jenis Garam Kalium terhadap Luas Permukaan Karbon Teraktif yang Terhasil Rajah 3 juga menunjukkan bahawa untuk semua garam kalium yang digunakan sebagai agen pengaktifan kimia, kandungan 4% adalah merupakan kandungan di mana karbon teraktif yang terhasil mempunyai luas permukaan yang maksimum.

Namun begitu nilai luas permukaan karbon teraktif yang terhasil oleh pengaktifan kimia daripada pelbagai jenis garam kalium berkepekatan 4% menunjukkan bahawa ianya juga bergantung kepada jenis garam kalium yang digunakan, seperti ditunjukkan dalam Rajah 4. Perbandingan luas permukaan karbon teraktif yang terhasil tanpa menggunakan agen pengaktifan juga ditunjukkan.

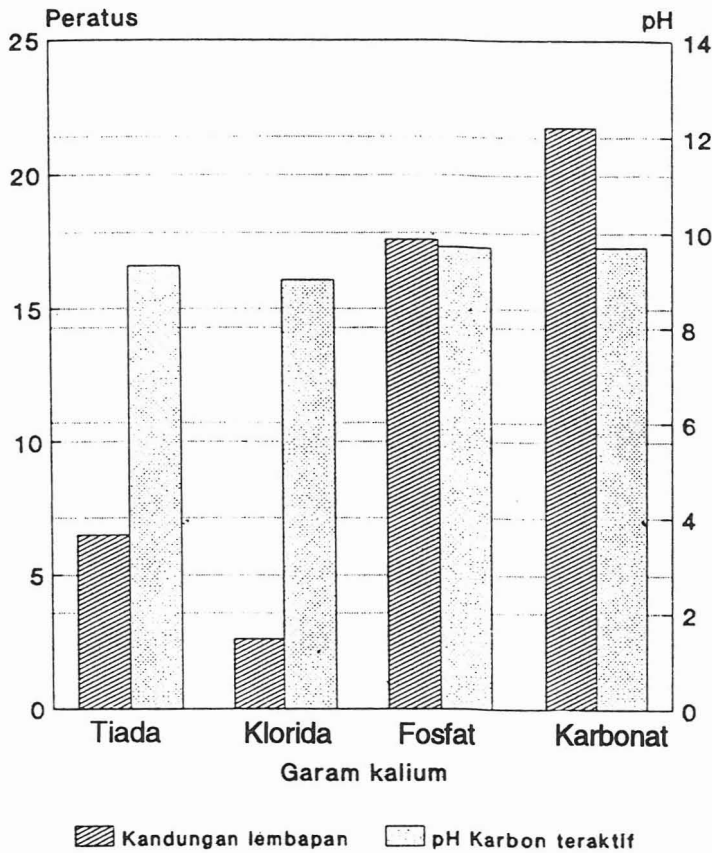


Rajah 4. Kebergantungan luas permukaan optimum karbon teraktif terhadap spesies agen pengaktifan kimia garam-garam kalium

Daripada perbandingan tersebut, garam-garam kalium karbonat dan fosfat menunjukkan kesan positif pengaktifan dengan luas permukaan karbon teraktif yang dihasilkan adalah lebih tinggi jika dibandingkan dengan karbon teraktif yang disediakan tanpa agen pengaktifan. Sebaliknya garam kalium klorida menunjukkan kesan negatif terhadap pengaktifan. Hasil kajian ini sejajar dengan hasil kajian terdahulu, dengan kesan yang serupa juga diperolehi walaupun cara penyediaan karbon teraktif dan sampel yang digunakan berbeza (Laine and Calafat 1991).

Kesan pH dan Peratus Kelembapan

Kesan garam-garam kalium terhadap pH dan kandungan kelembapan karbon teraktif yang terhasil juga telah dikaji dan ditunjukkan di dalam *Rajah 5*. Tiada kesan yang jelas ditunjukkan oleh pengaktifan pelbagai garam kalium terhadap pH, dengan kesemua karbon teraktif yang terhasil memberikan nilai pH yang bersifat bes di sekitar pH 9, yang sangat menghampiri nilai pH bagi pengaktifan tanpa garam kalium.



Rajah 5. Kebergantungan pH dan peratus kelembapan karbon teraktif terhadap spesis agen pengaktifan kimia garam-garam kalium

Sebaliknya bagi pengaktifan oleh garam kalium yang berbeza, karbon teraktif yang terhasil menunjukkan kandungan lembapan yang berbeza. Kandungan lembapan lebih tinggi bagi karbon teraktif yang dihasilkan oleh mangkin garam kalium fosfat dan karbonat, sementara lebih rendah bagi garam klorida jika dibandingkan dengan karbon teraktif yang dihasilkan tanpa agen pengaktifan. Kecenderungan ini sejajar dengan kecenderungan luas permukaan karbon teraktif yang dihasilkan, sebagaimana yang ditunjukkan di dalam *Rajah 4*.

Kandungan Unsur-unsur

Jadual 1 menunjukkan kandungan unsur-unsur utama, Na, K dan Mg serta kandungan unsur-unsur surih, Mn, Fe, dan Zn dalam karbon teraktif yang disediakan daripada serepai batang kelapa sawit sama ada tanpa pengaktifan atau dengan pengaktifan oleh kalium karbonat 4%. Kesemua sampel tersebut telah menjalani rawatan, iaitu dengan merefluks di dalam larutan 0.5M HCl selama tiga hari diikuti dengan air suling dengan penggantian dilakukan setiap hari untuk selama tiga hari berturut-turut.

JADUAL 1

Kandungan (p.p.m.) unsur-unsur utama dan surih bagi karbon teraktif yang disediakan daripada serepai batang kelapa sawit, setelah rawatan pembasuhan dijalankan.

Unsur	Karbon teraktif (tanpa garam kalium)	Karbon teraktif (garam kalium (4%))
Na	55	13
K	80	265
Mg	1340	185
Mn	14	2
Fe	290	145
Zn	7	6

Melainkan kalium, kandungan unsur-unsur Na, Mg, Mn, Fe dan Zn didapati lebih rendah bagi karbon teraktif yang disediakan dengan pengaktifan menggunakan garam kalium karbonat 4% jika dibandingkan dengan yang disediakan tanpa garam kalium. Fenomena ini berlaku disebabkan terjadinya kesan larut lesap unsur-unsur tersebut daripada serepai batang kelapa sawit apabila impregnasi garam kalium dilakukan, seperti yang ditunjukkan di dalam *Rajah 2b* dan *2c*.

KESIMPULAN

Serepai batang kelapa sawit didapati berpotensi untuk digunakan sebagai bahan pemula bagi menyediakan karbon teraktif dengan luas permukaan sederhana, sebagaimana yang ditunjukkan di dalam Jadual 2. Pengaktifan kimia dengan menggunakan kalium karbonat didapati dapat meninggikan

luas permukaan sehingga lebih kurang 40% kepada nilai lebih kurang 577 m²/g, berbanding dengan tanpa pengaktifan oleh kalium karbonat. Didapati juga bahawa kehadiran kalium karbonat sebagai agen pengaktifan telah dapat menurunkan kandungan unsur-unsur surih dan utama bagi karbon teraktif yang dihasilkan.

JADUAL 2

Nilai luas permukaan karbon teraktif yang disediakan daripada serepai batang kelapa sawit dengan menggunakan garam-garam kalium sebagai agen pengaktifan kimia.

Nilai luas permukaan (m ² /g)			
% garam ^a	K ₂ CO ₃	K ₃ PO ₄	KCl
3	388	367	271
4	577	453	297
5	523	423	-
8	450	378	204
12	-	-	173

^a% garam adalah dinyatakan dalam sebutan g/g.

PENGHARGAAN

Rakaman ucapan terima kasih kepada IRPA kerana membiayai projek ini di bawah gran Projek (2-07-05-009-J01), Fakulti Veterinar dan Sains Perternakan, UPM kerana membantu mengendalikan SEM dan UTN di atas khidmat penganalisan sampel secara APN.

RUJUKAN

- BRITISH PATENT OFFICE. 1984. Process for preparing activated carbon. British Patent No. 2086867.
- CATURLA, R., M. MOLINA-SABIO and F. RODRIGUEZ-REINOSO. 1991. Preparation of activated carbon by chemical activation with ZnCl₂. *Carbon* **29**(7): 999-1007.
- JAGTOYEN, M., M. THWAITES, J. STENDEL, B. McENANEY and F. DERBYSHIRE. 1992. Adsorbent carbon synthesis from coals by phosphoric acid activation. *Carbon* **30**(7): 1089-1096.
- JAMALUDDIN MOHD DAUD. 1989. Penggunaan arang kayu bakau (*Rhizophora mucronata*) teraktif sebagai fasa pegun dalam kromatografi gas, In *Prosiding Simposium Kimia Analisis Ke III*, UTM, Sekudai, Johor, 390-396.
- KLAR, M. 1925. *Destructive Distillation of Wood*. London: Chapman & Hall.
- LAINE, J. and A. CALAFAT. 1991. Factors affecting the preparation of activated carbons from coconut shell catalized by potassium. *Carbon* **29**(7): 949-953.
- LIM, K. O. and K. S. LIM. 1992. Carbonisation of oil palm trunks at moderate temperatures. *Bioresource Technology* **40**: 215-219.

- MOHD ZOBIR BIN HUSSEIN, ZULKARNAIN ZAINAL dan BADRI MUHAMMAD. 1992. Karbon teraktif kayu keras tropika: Pencirian sebahagian daripada sifat fiziknya dan penentuan kandungan bukan organik secara analisis pengaktifan neutron. *Jurnal Sains Nuklear Malaysia* 10(1&2): 7-14.
- PURI, B. R. and R.C. BANSAL. 1965. Iodine adsorption method for measuring surface area of carbon blacks. *Carbon* 3: 227-300.
- ROZMAN HARUN. 1993. Iodine adsorption as a method for measuring surface area of activated carbon. Laporan projek B.S. (Kep) Jabatan Kimia, UPM.
- SIRIM. 1984. Specification for powdered activated carbon, MS 873: 1984. Standard and Industrial Research Institute of Malaysia.
- ZULKARNAIN Z., MOHD ZOBIR HUSSEIN and M. BADRI. 1993. Activated carbon from mangrove wood (*Rhizophora apiculata*): Preparation and characterization. *Pertanika J. Sci & Technol.* 1(2): 169-177.