

PENYEDIAAN DAN PENCIRIAN KARBON AKTIF

PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF ACTIVATED CARBON

Haeri Muhammad¹, Karamuddin¹, Mohd Zobir Hussein²,
 Fuikormain Zainal³, W.M. Taib⁴, W. Yusoff⁵ dan Ramli Ibrahim⁵

¹IPRIM, Persiaran Institusi, Bangi, Selangor, ²Jabatan Kimia,
³Jabatan Fizik, Universiti Pertanian Malaysia, 43400 UPM,
 Serdang, Selangor, ⁴Pusat Pengajian Sains Asasi,
 Kampus Bintulu, UPM, Sarawak.

ABSTRAK

Karbon aktif dari berbagai bahan sampingan pertanian, seperti tempung kelapa, tempurung kelapa sawit dan kava bakau telah disediakan secara destruktif dengan memutar pada keadaan vakum. Pencirian sifat kimia dan fiziknya telah dilakukan. Kemungkinannya terutama di dalam bidang kimia juga telah diteliti.

ABSTRACT

Activated carbon was prepared from Agricultural wastes, such as coconut shell, palm oil shell and mangrove trunk by destructive distillation under vacuum. Chemical and physical properties of the activated carbon were studied and some potentialy useful application in the fields of chemistry was also carried out.

PENGANTARAN

Karbon aktif telah lama digunakan secara meluas di dalam berbagai industri dan penerbitan seperti industri pemakanan, perubatan, kerja-kerja pembersihan air, pembuatan dan lain-lain lagi. Pada dasarnya karbon aktif bukanlah satu bahan kimia, tetapi lebih merupakan satu keluarga bahan kimia yang mempunyai ahli-ahli yang berbeza di antara satu dengan lain dari segi sifat fizik dan kimianya, dan yang paling penting ialah mereka mempunyai keluasan permukaan yang tinggi, melebihi $100 \text{ m}^2/\text{g}$, hasil daripada kehadiran liang-liang yang menurus keseluruhan jasad butiran karbon tersebut. Umumnya karbon aktif dengan ciri tertentu hanya berguna untuk kegunaan tertentu.

Kehadiran liang-liang seni dengan berbagai saiz, yang menjangar keseluruhan butiran karbon dapat memberikan keluasan permukaan yang besar, menyebabkan ruang teraktif bersifat sebagai penyerap yang baik [1]. Pada permukaan liang-liang ini terdapat tapak-tapak aktif atau kumpulan-kumpulan berfungsikan organik [2]. Proses penyerapan, sama ada dalam fasa gas atau cecair, melibatkan pembentukan ikatan yang berbeza kekuatannya di antara atau pada tapak-tapak aktif ini dengan bahan terjerap.

Karbon aktif yang disediakan daripada kayu-kayan, tulang, tanah gambut dan lain-lain hasil pertanian dikenali juga dengan nama-nama lain. Karbon teraktifkan atau arang teraktifkan. Di samping itu ia juga dikenali sebagai hitam karbon yang dihasilkan daripada minyak atau gas mengikut beberapa kaedah untuk memberikan nama ada hitam saler, hitam relau atau hitam terra.

dan sebagainya memiliki beberapa sifat yang sama. Yang paling penting diantaranya adalah seberapa mempunyai keluasan permukaan yang amat tinggi.

Kajian belauan sinar-X tidak memberikan garis-garis tajam. Keadaan ini telah ditafsirkan dengan menganggapkan karbon aktif sebagai gugusan hablur-hablur seni grafit yang terpisah antara satu sama lain dengan liang-liang dan terlekat pada beberapa bahagian sesama sendiri dengan satu seratan organik sebagai simen.

Amalah dipercayai hablur-hablur seni grafit ini terbentuk daripada beberapa lapisan grafit dengan atom-atom dibirainya menampung kumpulan-kumpulan berfungsi yang disebutkan itu. Kedudukan lapisan-lapisan dalam sesuatu hablur kecil tidak searah dengan lapisan-lapisan dalam hablur-hablur kecil di sebelahnya. Inilah yang menjadikan belauan sinar-X itu tidak jelas.

Kertas ini membincangkan penyelidikan karbon aktif, yang difokuskan kepada tiga objektif utama; mengeksploitasikan hasil sampingan industri, terutamanya pertanian bagi penyediaan karbon aktif, pencirian sifat fizik dan kimianya dan mencari kegunaannya di dalam bidang industri dan pembuatan terutamanya yang berorientasikan kimia.

EKSPERIMEN

a) Penyediaan Arang Teraktif

Arang teraktif disediakan secara persulingan memusnah keadaan vakum [3]. Peralatan terdiri dari ketub pembakaran yang disambungkan pada pam vakum, pengawal suhu dan termokupel. Sampel dimasukkan ke dalam ketub pembakaran dan suhu dinaikkan secara beransur-ansur dan ditetapkan pada suhu yang dipilih. Pembakaran dilakukan pada beberapa suhu di antara (300-600)^oC. Bagi setiap suhu yang dipilih pembakaran dijalankan bagi beberapa tempoh masa (1-4) jam supaya satu keadaan optimum diperolehi, di mana luas permukaan karbon teraktif paling maksimum.

b) Pencirian sifat fizik dan kimia

Karbon teraktif yang dihasilkan dihancurkan dan diayak dan luas permukaannya ditentukan dengan kaedah jerapan iodin [4]. Kandungan unsur-unsur utama (seperti Ca dan Mg), serta surih dikaji menggunakan kaedah analisis pengaktifan neutron (NAA). Taburan saiz liang dikaji dengan menggunakan kaedah mikrogram pengiaman elektron (SEM).

KEPUTUSAN

a) Penyediaan

Karbon aktif dapat disediakan daripada berbagai punca, seperti kayu, bayas, tulang, gula, koko, kopi sekam padi dan lain-lain lagi hasil pertanian, termasuk juga tanah gambut [5]. Pada lazimnya bahan ini dipanaskan hingga mencecahkan 1000^oC bagi menyahdidihkan komponen-komponen bukan karbon. Proses ini diikuti dengan pengarangkan, iaitu pengoksidaan terhadap supaya hasil yang terhasil dapat benar-benar mengandungi kandungan karbon yang tinggi, melebihi 90%. Selepas itu karbon ini dioksidakan melalui pendedahan kepada gas pengoksida seperti oksigen, karbon dioksida dan stin pada suhu dan tekanan tinggi atau kepada larutan yang mengandungi pengoksida terlarut seperti klorida logam kalium, zink dan lain-lain lagi.

Keuntungan utama kaedah ini telah banyak dipatuhi (dari merentang keperluan keadaan (umurannya kurang dan Utomo, 1970) [6]). Juga seperti yang ditunjukkan oleh bilangan paten yang terdapat di seluruh dunia. Satu kaedah yang dianggapnya berlainan sedikit dan dapat memberikan hasil yang lebih baik telah dicadangkan melalui British Paten No. 277987 [7]. Mengikut kaedah ini penyediaan arang dibuat pada tekanan rendah diikuti dengan pengaktifan melalui penggunaan pengoksida dan mangkin pada suhu tinggi.

Sebagai pengubahsuaian kepada kaedah yang dipatenkan itu, satu lagi kaedah telah dicadangkan melalui British Patent No. 2086867 [3]. Mengikut kaedah ini keseluruhan proses pembakaran, pengoksidaan dan pengaktifan dilakukan sekali gus dalam vakum pada suhu yang tertentu bagi sesuatu sumber asli yang dipilih.

Rajah 1 menunjukkan luas permukaan yang didapati melalui kaedah BET ke atas karbon aktif daripada tempurung kelapa sawit yang disediakan pada berbagai suhu dan berbagai julat masa. Daripada data yang terdapat ini suhu dan masa optima dapat dianggarkan bagi penyediaan karbon aktif daripada tempurung kelapa sawit. Dalam penerbitan yang sama [3], suhu dan masa optima bagi penyediaan karbon aktif daripada tempurung kelapa telah juga diberikan.

b) Liang-liang dan kumpulan berfungsi

Tingginya nilai luas permukaan karbon aktif adalah kerana kehadiran liang-liang seni yang menusuk masuk hingga keseluruhan jasad butiran atau partikel karbon. Liang-liang ini dapat dikelaskan kepada tiga kumpulan. [8], iaitu:-

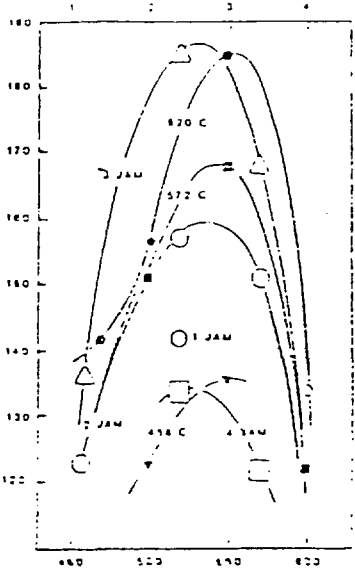
- mikro: bergaris pusat $\leq 4\text{ nm}$
- meso: bergaris pusat antara 4 hingga 200 nm.
- makro: bergaris pusat antara 200 hingga 4000 nm.

Rajah 3 dan 4 menunjukkan mikrograf pengimaman elektron memperlihatkan liang-liang dalam karbon aktif yang disediakan daripada tempurung kelapa [9] dan kayu bakau [10]. Sungguhpun liang-liang makro jelas kelihatan, tetapi banyak lagi liang-liang lain yang lebih kecil yang boleh didapati dalam karbon aktif itu.

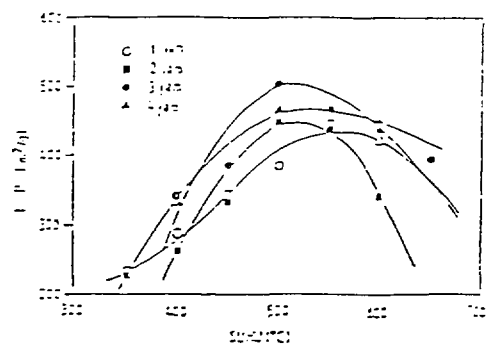
Karbon aktif boleh disediakan pada berbagai suhu dan keadaan. Pada amnya karbon yang diaktifkan pada suhu tinggi, H-karbon adalah berasid dan karbon yang diaktifkan pada suhu rendah, L-karbon, adalah berbes.

Telah banyak penyelidikan dibuat bagi menentukan kumpulan berfungsi manakan terbentuk dalam persebatian antara oksigen dengan karbon dipermukaan karbon aktif. Penjerapan oksigen oleh permukaan karbon tulen berlaku mengikut kaedah jerapan kimia kerana gas oksigen tidak dapat dihasilkan semula melalui pemanasan biasa [11]. Karbon aktif, yang telah dibersihkan melalui pemanasan dalam vakum menyerap oksigen walaupun pada suhu rendah seperti -13°C . Pemanasan arang ini pada 450°C akan menghasilkan karbon monoksida dan karbon dioksida bukannya oksigen. Begitu juga tindak balas antara grafit dengan oksigen yang dapat berlaku pada suhu serendah -40°C . Kajian serapan infra merah ke atas satu filem nipis karbon termal [12] menunjukkan kehadiran sebahagian daripada kumpulan berfungsi dalam Rajah 5 itu.

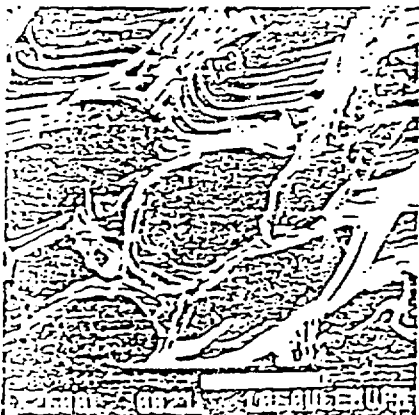
Karbon aktif adalah hidrofobik. Tetapi dengan adanya kumpulan-kumpulan berfungsi di atas, maka sifat hidrofilitiknya bertambah. Ini adalah kerana



RAJAH 1 LUAS PERMUKAN ELEKTRODA ARBON



RAJAH 2. LINTASAN HUBUNGAN PERMUKAN ELEKTRODA ARBON DENGAN KONSENTRASI GAS CARBON DIOKSIDA PADA BERBEDA-BERBEDA WAKTU PENYERAPAN



RAJAH 3. MİKROGRAFI ELEKTRODA ARBON DALAM KARBON AKTIF



RAJAH 4. MİKROGRAFI ELEKTRODA ARBON DALAM KARBON AKTIF

terhadap ion H⁺ menjadikan permukaan karbon terakut. Dengan demikian, ion positif tertarik masuk ke dalam liang-liang tersebut, sambil mengionkan terapan kation dan berfungsi tadi. Ia juga menimbulkan kepada kekonduksian kation. Eksperimen ini telah digunakan sebelumnya tapi memberikan satu kaedah alternatif untuk menyukat garispusat liang-liang dalam karbon [13,14]. Kaedah ini melibatkan pengaliran air melalui liang-liang dalam karbon yang dipaparkan sebagai salur serambut. Serentaraan daripada hasil percubaan ini diberikan dalam Rajah 6 bagi kenaikan air dalam salur rerambut karbon.

Kehadiran liang-liang dalam karbon aktif membenarkan pengaliran air melaluinya walaupun pada kadar yang terhad. Pengangkutan cas melalui saluran ini, terutama ion hidrogen, dapat berlaku dengan mudah kerana kehadiran air di dalamnya mengionkan kumpulan-kumpulan berfungsi yang disebutkan. Dengan demikian, karbon aktif ini sangat sesuai digunakan sebagai simpangan berliang untuk sesuatu elektrod rujukan [15, 16]. Rajah 7 menunjukkan pertambahan kekonduksian air suling dalam satu penyukat pH dengan menggunakan berbagai simpangan berliang termasuk keluaran Beckman dan karbon aktif. Dalam kes ini karbon aktif daripada tempurung kelapa sawit memberikan kadar kebocoran yang lebih rendah lagi daripada karbon aktif daripada tempurung kelapa.

c) Kekonduksian

Sebagaimana yang disebutkan, kekonduksian karbon aktif menyerupai nilai kekonduksian semikonduktor. Kajian selanjutnya ke atas karbon aktif daripada tempurung kelapa [10] menunjukkan ada sekurang-kurangnya empat proses yang berkaitan dengan aktiviti pengangkutan cas dalam julat suhu 163 hingga 405K. Pengangkutan utama cas adalah lubang positif yang mungkin berpunca daripada kotoran asli logam-logam dalam bahan pertanian atau kerana penarikan elektron oleh kumpulan-kumpulan berfungsi keluar daripada sistem- π dalam gelang grafit. Mengikut analisis pengaktifan neutron, kotoran asli ini adalah Na (0.015%); K (0.44%) dan Ca (0.03%); menyamai keperluan tumbuhan.

Untuk mengetahui kesan pendop ke atas kekonduksian karbon aktif ini, beberapa sampel telah disediakan mengandungi berbagai peratus tembaga. Rajah 8. Berbeza daripada semikonduktor biasa perubahan pada kekonduksian karbon itu berlaku pada semua suhu, bukan sahaja pada bahagian ekstrinsik [17]. Keadaan ini menunjukkan pemendakan tembaga dalam karbon adalah di antara hablur-hablur kecilnya. Di situ hablur tembaga bersifat sebagai jambatan, mengaitkan hablur-hablur kecil grafit untuk memberikan kekonduksian yang lebih tinggi dengan memudahkan aliran elektron.

d) Keupayaan elektrik permukaan

Permukaan karbon aktif dapat diberikan secara skema sebagai dalam Rajah 7 yang menunjukkan kehadiran kumpulan-kumpulan berfungsi yang mudah [18, 19]. Kumpulan-kumpulan ini dapat menjerap kation atau mengion kepada ion hidrogen tergantung kepada kepekatan ion dalam larutan dan kekuatan asid masing-masing. Oleh kerana spesis-spesis aktif ini berkeadaan pegun pada permukaan karbon maka satu lapisan ganda dua elektrik akan wujud di permukaan itu. Rajah 9 memberikan magnitud keupayaan lapisan-lapisan, p , ini yang dapat diberikan oleh satu persamaan:

$$p = A - \alpha + \beta$$

dimana A adalah satu tetapan majmuk merangkumi keupayaan permukaan kedua karbon, keupayaan simpangan dan lain-lain. α ialah keupayaan kerana jerapan

nilai β pada p rendah sebagai pengisian dan penyerapan anion [19]. Pada nilai β \cdot p yang rendah, sempadan lapisan-lapisan, p , biasanya positif.

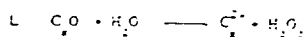
Pada kepekatan tinggi, atom-atom karbon menyerap ion hidrogen. Semakin banyaknya p menyerap rendah. Apabila larutan mula dicsirkan, α berkurangan dan dengan itu p bertambah besar sehingga satu maksimum pada $pC=5$. Peningkatan selanjutnya melibatkan pengisian kumpulan berfungsi berlaku bagi menghasilkan lapisan ganda dua, jenis- β . Sungguhpun sekali imbas β mungkin bertambah dengan pertambahan nilai p , tetapi cas-cas negatif yang terhasil akan disebarkan ke seluruh gelang grafit dengan memberikan dua kesan:

- (i) menamatkan keaktifan titik-titik penyerap kation
- (ii) menyahkan anion yang terjerap

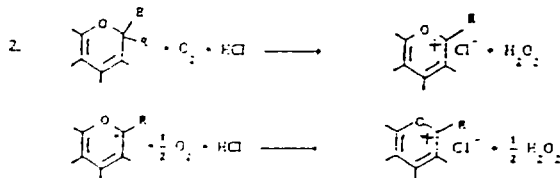
yang kedua-duanya menolong kepada kenaikan α dan seterusnya mengurangkan magnitud p .

Kejadian ini nyata terbukti bila dilihat pada p bagi larutan bes natrium hidroksida. Pada kepekatan tinggi, ion hidroksida dapat menetralkan ion hidrogen dan cas-cas negatif pada permukaan karbon disebarkan keseluruh gelang grafit untuk memberikan jerapan kation yang lebih tinggi dan merendahkan nilai p . Apabila bes yang lebih lemah seperti bikarbonat digunakan, maka jerapan itu berkurangan sedikit.

Kejadian yang sama terdapat bagi sistem karbon dengan asid-asid lain [16, 19] dan karbon dengan elektrolit garam klorida [20]. Mungkin dalam kes karbon-elektrolit garam, faktor tambahan berasal dari ciri bes karbon terpaksa dihangkitkan bagi menerangkan perkuangan pada p pada pC lebih rendah daripada 5. Ciri-ciri bes karbon dianggapkan terhasil daripada tindak-tindak balas kumpulan-kumpulan berfungsi berikut:-



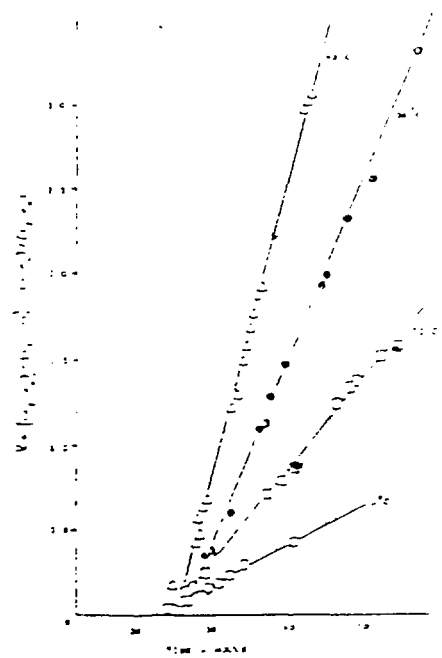
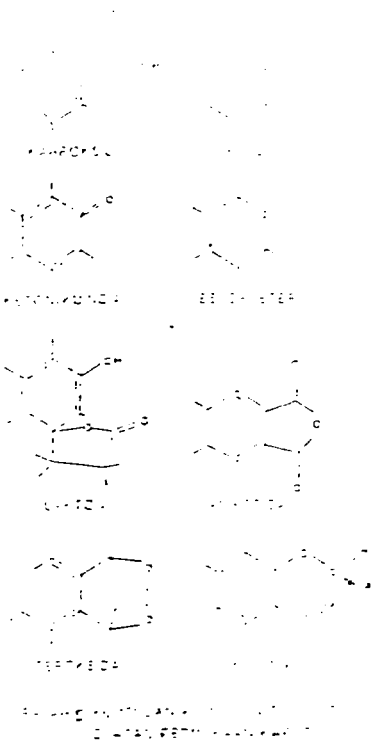
Ref. [19]



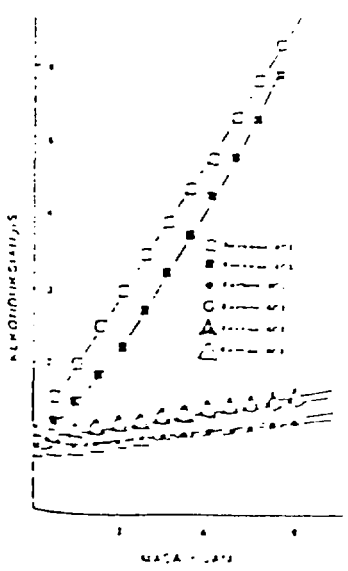
Ref. [21]



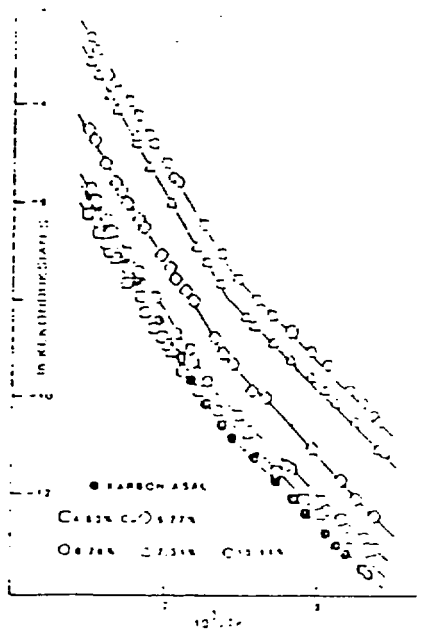
Ref. [21]



RAJANG 6. TEST PEMBAHAN - PEMERAPAN KARBON APRESIA AIR



RAJANG 7. ESTABILISASI KONDUKTIVITAS AIR PERANA ELEKTROLIT

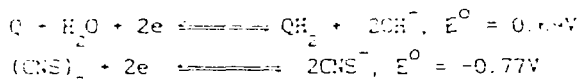


RAJANG 8. PENYOLUSIAN KARBON GOR DENGAN CL

4. Bersifat stabil.

5. Pada suhu kamar, karbon aktif Fe(III) oksida sangat aktif terhadap tiosianat [12].
6. Pada suhu kamar, karbon aktif mampu mengadsorpsi sejumlah kation berwujud pada karbon aktif. Hal ini bergantung spesifikasinya yang bertitik muatan. Misalnya, penawaran kation tiamina kepada ammonia dan karbon dioksida adalah melalui tindak balas ion dan bentuk kation pada permukaan karbon [6].

Figure 10 memberikan kinetik tindak balas penurunan Fe(III) kepada Fe(II) dalam kehadiran kompleks tiosianat. Balas tindak balas ini dijangkakan kedua-dua ion tiosianat dan sistem kuinon- Q, dalam karbon memainkan peranan penting dalam tindak balas itu. Keurayaan reaksi untuk dua sistem ini diberikan sebagai

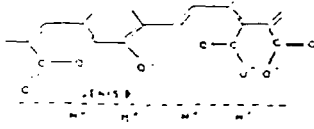
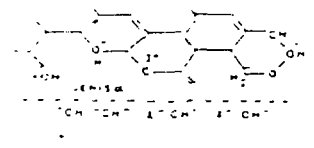


rug [23]

Kedua-dua sistem dapat memberikan μ_{red} yang boleh menjadikan tindak balas penurunan Fe(III) spontan dengan ΔH dan ΔS pengaktifan sebagai 100 KJ/mol dan 4.1 J/mol-K.

Rujukan

1. J.F. Mutton and H.B. Mark, Jr., Activated Carbon: Surface Chemistry and Adsorption from Solution, Marcel Dekker Inc. New York, 1971, p.7.
2. J. W. Hessler: Purification with activated carbon, Industrial, Commercial and Environmental, N. Y. Chem. Pub. Co. 1971, p. 187.
3. British Patent, 1984, No. 2086867.
4. R. S. Furr and R. C. Bansal, Carbon 1965, 3, 237.
5. N. Truchida and D.M.Muir, Metall. Trans. B, 1986, 173, 523. S.P.Koruma dan T. Utomo, Lembaga Kimia National, Indonesia, Bandung, 1970.
6. British Patent, 1928, No. 277967.
7. J. Panoz, Z. Knor and S. Cerny, Adsorption of Solids, Butterworths, London, 1974, p.577.
8. A.M. Daud, M.Badri and H. Mander, J. App. Phys, 1990, 67(4), 1911.
9. Mulkarnain Zainal, Mond Zobir Hussein dan Badri Muhammad, Prosiding Nitrogen Analisis Kebangsaan ke IV, UPM, Serdang, 4-6 Sept. 1990.
10. H.P. Boehm, Adv. Catal., 1966, 16, 179.
11. R.N. Smith, D.A. Young and R.A. Smith, Trans. Farad. Soc., 1966, 62, 2280.
12. M.Badri, Karen A. Crouse and Harun Awang, Pertanika, 1985, 8(3), 337.
13. M.Badri, Karen A. Crouse and Mohamed M.Daud, Pertanika, 1986, 9(3), 393.
14. Ramli Ibrahim, M.Badri, W.M. Daud, K.A. Crouse dan Shaharin Hitam, Prosiding Simposium Kimia Analisis Kebangsaan III. UTM, Sekudai, 18-20 Sept. 1989.
15. M.Badri, W.M.Daud, R.Ibrahim K.A. Crouse and S.Hitam, J. Islamic Acad Sci, 1989, 2, 244.
16. M.Badri, Karen A. Crouse and Che Ramli Ismail, Pertanika, 1987, 10(7), 171.
17. M.Badri dan Karen A. Crouse, Simposium Kimia Analisis Kebangsaan I, 2-4 Sept. 1987, UPM, Bangi.
18. M.Badri and Karen A. Crouse, M.I.C. Conference, 1987, Kuala Lumpur.
19. M.Badri and Karen A. Crouse, Pertanika, 1989, 12(1), 65.
20. H.F. Frenkel and M. Voll, Carbon, 1970, 8, 227.
21. F.B. Bertozzi, J. Water Pollut. Control Fed., 1973, 45, 221.
22. V. A. Garten and D. E. Weisz, Aust. J. Chem., 1957, 10, 309.



RAJAH 9 LARISAN CANDA DUA FLEKSI -

