

## Penentuan kapasiti dan jenis pencerapan Zeolit asli terhadap bahan pencelup sintetik

Chai Mee Kin<sup>1</sup>, Asiah Hussain<sup>2</sup> dan Zainab Ramli<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pengajian Sains dan Matematik, Kolej Kejuruteraan,  
Universiti Tenaga Nasional, Km 7, Jalan Kajang-Puchong, 43009 Kajang, Selangor.  
<sup>2</sup>Jabatan Kimia, Fakulti Sains, Universiti Teknologi Malaysia, 81310 UTM Skudai, Johor.

(Received 6 September 2000)

**Abstrak.** Zeolit yang dikenali sebagai penapis molekul mempunyai sifat keliangan dan luas permukaan tinggi telah digunakan sebagai bahan penjerap untuk menjerap bahan pencelup daripada air sisa berwarna. Zeolit mordenit asli yang berasal dari Indonesia telah diubahsuai kepada bentuk yang bersifat bes dan dikaji sifat penjerapannya terhadap bahan pencelup sintetik bes kuning 11. Seterusnya, jenis penjerapan sampel zeolit terhadap bahan pencelup sintetik telah ditentukan melalui empat kaedah iaitu penentuan kesan suhu pengkalsinan sampel zeolit terhadap kapasiti penjerapannya, penjaanaan semula sampel zeolit, penentuan perubahan rangka struktur sampel zeolit dan penentuan perubahan penukargantian kation. Hasil penyelidikan menunjukkan bahawa sampel zeolit mempunyai kapasiti penjerapan yang tinggi terhadap bahan pencelup sintetik. Pengkalsinan sampel zeolit dan penjaanaan semula secara terma terhadap sampel zeolit telah menyebabkan kapasiti penjerapannya mengalami sedikit berkurangan. Rangka struktur yang tidak berubah dan penukargantian ion natrium bagi sampel zeolit selepas penjerapan dan penjaanaan semula telah menunjukkan jenis penjerapan yang terlibat dalam proses penjerapan sampel zeolit terhadap bahan pencelup sintetik merupakan campuran penjerapan fizik dan penjerapan kimia.

**Abstract.** Zeolite, which is recognised as a molecular sieve, has fine pore size and high surface area has been used as an adsorbent to adsorb synthetic basic dye from coloured wastewater. Natural mordenite zeolite originated from Indonesia was modified to its base form and its adsorption capacity towards synthetic basic yellow 11 was determined. The type of adsorption of the zeolite sample towards synthetic basic dye was determine by four methods, name by the affect of calcination of zeolite sample on the adsorption capacity, regeneration of the zeolite sample, determination of the changes of structural characteristics and determination of the changes of cation property. This study shows that the zeolite sample has very high adsorption capacity toward synthetic base dye. Calcination of the zeolite sample and thermal regeneration result in a decreased of the adsorption capacity. The unchanged of structural characteristics and natrium ion exchange in zeolite sample after adsorption and regeneration indicate that the type of adsorption in the adsorption process of zeolite sample towards synthetic dye were a mixture of chemisorption and physisorption.

Keywords : zeolite, adsorption, synthetic basic dye

### Pengenalan

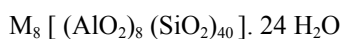
Kemerosotan kualiti alam sekitar merupakan masalah yang dihadapi oleh dunia pada masa ini. Isu kualiti alam sekitar ini timbul disebabkan wujudnya konflik antara kehendak untuk memajukan ekonomi dengan menjaga alam sekitar. Aktiviti pembangunan dan perindustrian di Malaysia telah menyebabkan ekosistem akuatik terutama sungai, tercemar. Pencemaran air bukanlah suatu fenomena baru kerana semua manusia menganggap sungai atau laut merupakan tempat pembuangan yang ideal [1]. Bagi pihak industri yang tidak bertanggung jawab dan hanya mementingkan hasil pengeluaran mereka menyebabkan kebanyakan air sisa akan dibuangkan terus ke dalam sungai tanpa melalui proses perawatan terlebih dahulu.

Bahan pencelup merupakan salah satu komponen yang terdapat dalam air sisa industri tekstil. Penyingkiran bahan pencelup daripada air sisa

yang berwarna merupakan suatu masalah utama yang dihadapi oleh kilang tekstil dalam proses perawatan air sisa. Perawatan biologi hanya dapat mengurangkan nilai permintaan oksigen biokimia (BOD-Biochemical Oxygen Demand), nilai permintaan oksigen kimia (COD-Chemical Oxygen Demand) dan juga pepejal terapung (SS- Suspended Solids) [2]. Namun begitu, perawatan tersebut kurang berkesan untuk menyingkirkan bahan pencelup daripada air sisa. Lebih daripada 60 % hingga 80 % air sisa berwarna yang mempunyai kandungan bahan pencelup akan mengalir ke dalam sungai [3]. Menurut beberapa penyelidikan terdahulu [4-11], teknik penjerapan merupakan suatu teknik pemisahan yang paling sesuai untuk menyingkirkan bahan pencelup daripada air sisa. Tambahan pula, teknik ini adalah lebih mudah dan murah kerana ia adalah proses berbalik dan bahan penjerap boleh dijanakan semula. Proses penjerapan ialah suatu fenomena permukaan yang terjadi pada antara muka. Sifat keliangan dan luas permukaan merupakan dua faktor terpenting dalam proses

penjerapan. Pepejal yang mempunyai sifat keliangan dan luas permukaan tinggi akan mempunyai kuasa penjerapan yang tinggi.

Zeolit iaitu sejenis hablur aluminosilikat, juga dikenali sebagai penapis molekul mempunyai sifat keliangan dan luas permukaan tinggi, sangat sesuai untuk menjerap bahan pencelup daripada air sisa berwarna. Daripada kajian yang dilakukan oleh Lin [4] dan Torii dalam buku yang ditulis oleh Sand [12], zeolit asli menunjukkan kuasa penjerapan yang tinggi terhadap bahan pencelup berbanding dengan bahan penjerap lain seperti gel silika, alumina teraktif dan lain-lain sebatian silika-alumina. Zeolit mordenit asli telah dipilih dan digunakan dalam kajian ini kerana ia boleh didapati secara semula jadi dengan kuantiti yang banyak dan ketulenan yang tinggi. Formula kimia mordenit asli adalah seperti berikut [13]:



di mana M adalah kation seperti  $Na^+$ ,  $K^+$  atau  $Ca^{2+}$  yang hadir dalam mordenit asli. Nilai nisbah Si/Al bagi mordenit adalah di antara 4.17 hingga 10 [13]. Nilai nisbah Si/Al yang tinggi akan menyebabkan mordenit mempunyai kestabilan terma yang tinggi dan tidak menunjukkan sebarang perubahan dalam strukturnya sehingga boleh mencapai suhu setinggi  $800^\circ C$  [14]. Jenis liang yang wujud dalam zeolit mordenit asli membolehkannya bertindak sebagai bahan penjerap dan kehadiran kation  $Na^+$ ,  $K^+$  dan  $Ca^{2+}$  yang bersedia ditukarganti oleh kation lain menjadikannya penukar ion yang baik. Sifat pemilihan terhadap kation mengikut urutan adalah [12]:  $Cs^+ > K^+ > NH_4^+ > Na^+ > H^+ > Li^+$

### Eksperimen

#### Penyediaan Sampel zeolit

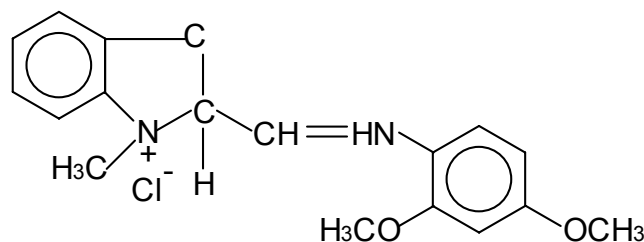
Sampel mordenit asli yang diperoleh dari Indonesia diubahsuai kepada bentuk yang bersifat bes melalui

kaedah penukargantian ion. Tujuan penukargantian ion ini adalah untuk mengeluarkan kation-kation atau bendasing dalam kekisi hablur dan digantikan dengan kation  $Na^+$  daripada larutan NaOH. Selain itu, juga diharapkan boleh mendapat lebih banyak paksi-paksi aktif terutamanya kumpulan hidroksil untuk meningkatkan kapasiti penjerapannya.

Dalam penyediaan sampel zeolit yang bersifat bes ini, cara yang digunakan adalah dengan memanaskan larutan natrium hidroksida (NaOH) 2M dengan nisbah 1 g sampel zeolit mordenit asli bagi setiap 50 mL larutan NaOH pada suhu  $70 \pm 5^\circ C$  selama 3 jam sambil dikacau dengan pengaduk magnet. Setelah disejukkan, campuran dituras dan baki turasan dibasuh. Sampel ini dikeringkan semalaman pada suhu  $110^\circ C$ . Sampel yang terhasil dirujuk sebagai Z-Mor-OH.

#### Penentuan Kapasiti Penjerapan

Kapasiti penjerapan dilakukan bertujuan untuk menentukan kesan keupayaan sampel zeolit menjerap bahan pencelup. Dalam kajian ini, bahan pencelup sintetik kuning bes 11 (BY-11) telah digunakan. Struktur bahan pencelup tersebut telah ditunjukkan dalam Rajah 1 [15]. Dalam penentuan kapasiti penjerapan, parameter jisim sampel zeolit adalah berbeza manakala parameter lain adalah ditetapkan. Sebanyak 25 mL larutan bahan pencelup dengan kepekatan 1500 ppm dipipetkan ke dalam 10 buah kelalang kun 100 mL yang masing-masing mempunyai jisim sampel zeolit yang berbeza. Campuran larutan digoncang dengan penggoncang elektrik dengan kelajuan 80 rpm selama 1 jam. Selepas itu, campuran larutan dituras dan hasil turasan dirakamkan dengan menggunakan spektrometer ultraungu-nampak. Kemudian kepekatan larutan selepas penjerapan ditentukan melalui nilai serapan dalam keluk kalibrasi piawai.



KUNING BES 11(BY-11)

Jisim molekul relatif = 357.5 g/mol,  $\lambda_{max}$  = 411 nm, CI = 48055

Rajah 1 : Formula struktur bahan pencelup sintetik kuning bes 11

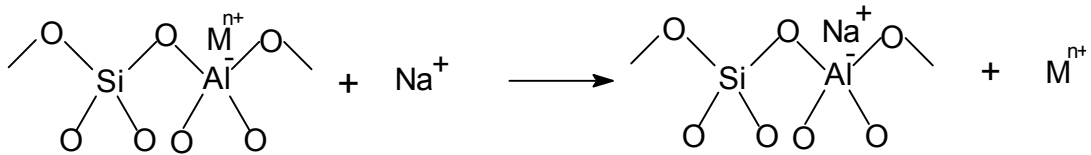
*Penentuan Jenis Penjerapan*

Penjerapan sampel zeolit terhadap bahan pencelup sintetik sama ada dilakukan secara penjerapan kimia atau penjerapan fizik ditentukan melalui empat kaedah iaitu penentuan kesan suhu pengkalsinan sampel zeolit terhadap kapasiti penjerapannya, penjaanaan semula sampel zeolit, penentuan perubahan rangka struktur sampel zeolit dan penentuan perubahan penukargantian kation.

**Keputusan dan Perbincangan**

*Penyediaan Sampel Zeolit*

Dalam penyediaan sampel zeolit yang bersifat bes, larutan natrium hidroksida 2M telah digunakan. Kepekatan ion natrium yang tinggi menyebabkan kation-kation dalam rangka struktur sampel mordenit asli telah ditukarganti dengan ion-ion natrium. Penukargantian ion ini akan menambahkan bilangan ion  $\text{Na}^+$  yang terikat dengan sampel zeolit. Proses ini digambarkan dalam Rajah 2.



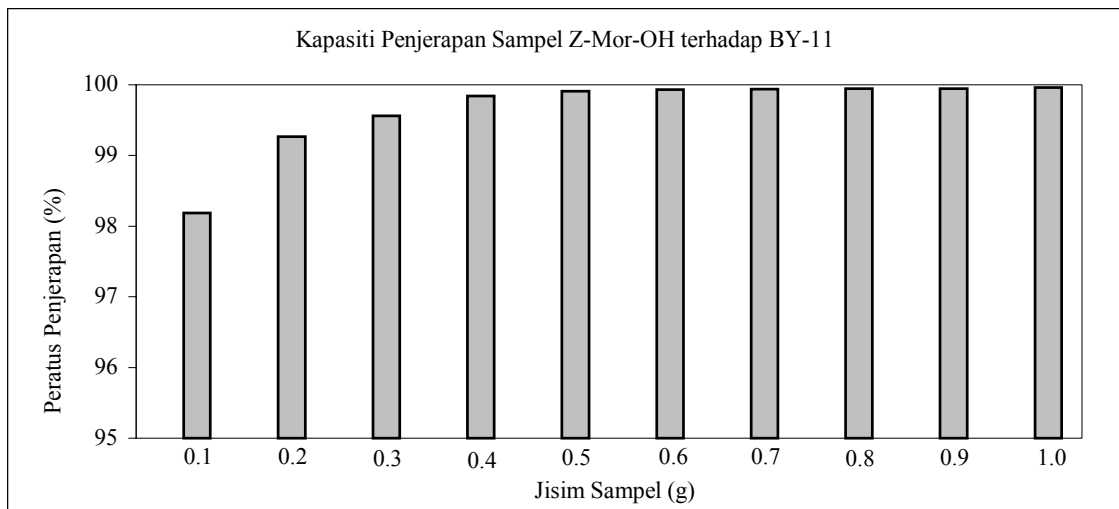
di mana  $\text{M}^{n+}$  = kation dengan nombor valensi n

Rajah 2 : Penukargantian ion  $\text{Na}^+$  dalam zeolit

*Penentuan Kapasiti Penjerapan*

Graf peratus penjerapan bahan pencelup BY-11 terhadap jisim sampel Z-Mor-OH telah diplotkan dan ditunjukkan dalam Rajah 3. Graf tersebut menunjukkan pertambahan peratus penjerapan apabila jisim zeolit yang digunakan bertambah. Selain itu, graf tersebut juga menggambarkan bahawa sampel Z-Mor-OH mempunyai kuasa penjerapan yang tinggi terhadap bahan pencelup BY-11 kerana sampel Z-

Mor-OH hanya memerlukan jisim yang sedikit iaitu 0.1 g atau 0.2 g untuk mencapai peratus penjerapan optimumnya iaitu melebihi 90 peratus. Kapasiti penjerapan yang tinggi bagi sampel Z-Mor-OH mungkin disebabkan sampel tersebut mempunyai sifat keliangan dan luas permukaan yang tinggi. Tambahan pula, sampel Z-Mor-OH ini mempunyai banyak kation natrium. Kehadiran  $\text{Na}^+$  akan menyebabkan proses penukargantian ion berlaku dengan molekul bahan pencelup sintetik bes yang bercas positif.



Rajah 3 : Graf peratus penjerapan bahan pencelup terhadap jisim sampel zeolit

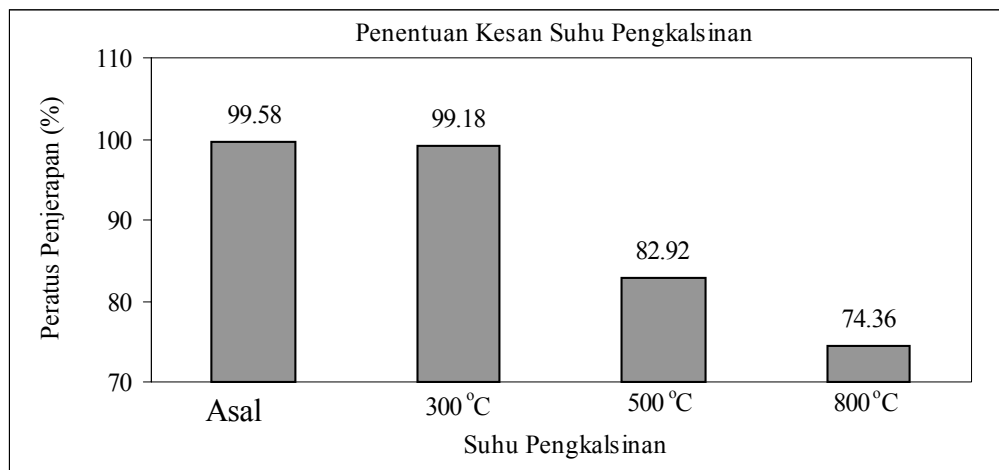
### Penentuan Jenis Penjerapan

Penjerapan zeolit asli terhadap bahan pencelup sintetik bes sama ada dilakukan secara penjerapan fizik atau penjerapan kimia telah ditentukan melalui empat kaedah iaitu penentuan kesan suhu pengkalsinan sampel zeolit terhadap kapasiti penjerapannya, penjanaaan semula sampel zeolit, penentuan perubahan rangka struktur sampel zeolit dan penentuan perubahan penukargantian kation.

#### A. Penentuan Kesan Suhu Pengkalsinan Sampel Zeolit Terhadap Kapasiti Penjerapannya

Sampel Z-Mor-OH telah dikalsinkan pada suhu yang berlainan untuk mengkaji sama ada suhu

pengkalsinan mempengaruhi kapasiti penjerapan atau tidak. Graf peratus penjerapan BY-11 bagi sampel zeolit asal, tanpa kalsin dan sampel-sampel yang dikalsin telah diplotkan dan ditunjukkan dalam Rajah 4. Dengan membandingkan peratus penjerapan sampel asal dengan sampel yang dikalsin, didapati bahawa peratus penjerapan BY-11 bagi sampel yang dikalsin telah berkurangan. Rajah 4 menunjukkan bahawa semakin tinggi suhu pengkalsinan, semakin rendah kuasa penjerapan sampel zeolit. Dengan demikian, boleh dikatakan bahawa proses pengkalsinan telah menghasilkan sampel zeolit yang menunjukkan kapasiti penjerapan yang rendah. Keadaan ini disebabkan oleh proses pengkalsinan telah mengubah sifat-sifat permukaan sampel zeolit sehingga kuasa penjerapannya menjadi berkurangan.



Rajah 4 : Graf peratus penjerapan terhadap suhu pengkalsinan

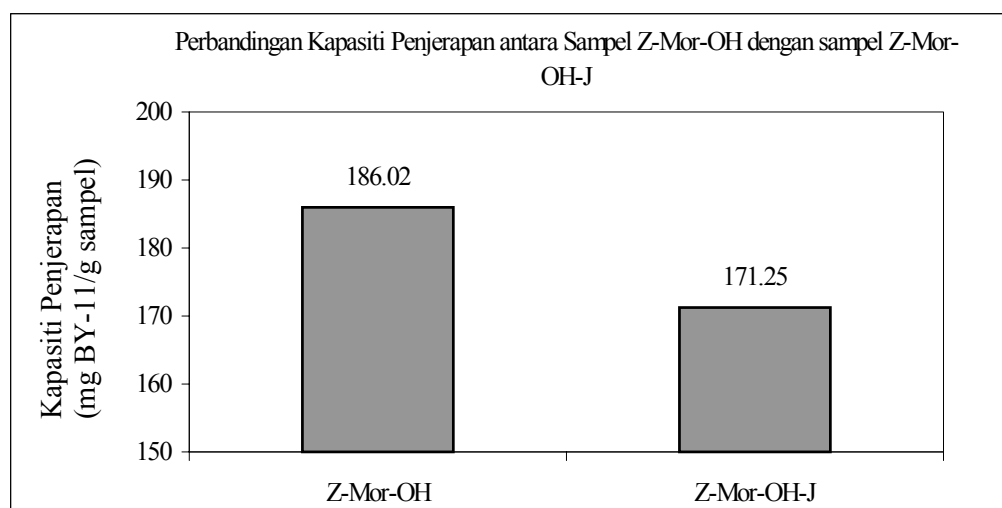
#### B. Penjanaaan Semula Sampel Zeolit

Sampel Z-Mor-OH yang terjerap dengan BY-11 telah dijanakan semula secara pemanasan pada suhu 600°C selama 1 jam dan dilabel sebagai sampel Z-Mor-OH-J. Sampel Z-Mor-OH dan sampel Z-Mor-OH-J dilakukan penjerapan BY-11 serentak dan perbandingan kapasiti penjerapan antara kedua-dua sampel tersebut telah dibuat. Pada jisim 0.2 g, kapasiti penjerapan bagi kedua-dua sampel tersebut masing-masing adalah 186.02 mg BY-11 / g zeolit dan 171.25 mg BY-11 / g zeolit seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 5. Dengan ini, dapat diketahui bahawa kapasiti penjerapan bagi sampel Z-Mor-OH-J telah merosot sebanyak 7.94 % berbanding dengan sampel Z-Mor-OH. Ini menunjukkan bahawa sampel Z-Mor-OH yang terjerap dengan BY-11 adalah sukar mendapat semula kapasiti penjerapan seratus peratus yang optimum. Ini disebabkan oleh sebahagian tapak penjerapan pada sampel zeolit telah mengalami perubahan bentuk semasa proses penjerapan dan

penjanaaan semula. keadaan ini menyebabkan tapak tersebut tidak lagi aktif sepenuhnya terhadap penjerapan BY-11.

#### C. Penentuan Perubahan Rangka Struktur Sampel Zeolit

Teknik XRD, inframerah, analisis terma dan penjerapan gas nitrogen telah dilakukan sebanyak tiga kali bagi sampel Z-Mor-OH asal, sampel Z-Mor-OH yang terjerap dengan BY-11 dan sampel Z-Mor-OH yang dijanakan semula. Dalam perbincangan yang seterusnya, sampel Z-Mor-OH yang terjerap dengan BY-11 dilabelkan sebagai Z-Mor-OH-BY, manakala sampel Z-Mor-OH yang dijanakan semula dilabelkan sebagai Z-Mor-OH-J. Perbandingan hasil pencirian antara sampel Z-Mor-OH, Z-Mor-OH-BY dan Z-Mor-OH-J dilakukan bertujuan untuk menentukan sama ada berlaku sebarang perubahan rangka struktur dalam sampel zeolit sebelum dan selepas proses penjerapan serta selepas penjanaaan semula.



Rajah 5 : Kapasiti penjerapan bagi sampel Z-Mor-OH sebelum penjerapan dan selepas penjanaan semula (Z-Mor-OH-J)

#### (i) Corak Pembelauan Sinar - X ( XRD)

Rajah 6 menunjukkan difraktogram XRD bagi sampel Z-Mor-OH, Z-Mor-OH-BY dan Z-Mor-OH-J. Dengan membandingkan ketiga-tiga difraktogram tersebut secara kualitatif dan kuantitatif, didapati kebanyakan puncak dalam sampel Z-Mor-OH-BY dan sampel Z-Mor-OH-J adalah sama dengan sampel Z-Mor-OH. Ini menunjukkan bahawa ketiga-tiga sampel tersebut mempunyai rangka struktur yang hampir sama. Keadaan ini dapat membuktikan bahawa proses penjerapan dan penjanaan semula tidak mengubah rangka struktur sampel zeolit dengan ketara.

Walau bagaimanapun, terdapat dua puncak lain yang terletak pada  $2\theta = 39.51$  dan  $48.45$  pada sampel Z-Mor-OH-BY yang menunjukkan sampel Z-Mor-OH-BY tersebut mengandungi fasa hablur lain. Fasa hablur asing ini mungkin adalah molekul bahan pencelup BY-11 yang terjerap dalam sampel zeolit. Selepas penjanaan semula, puncak tersebut tidak dapat dilihat dalam difraktogram sampel Z-Mor-OH-J. Ini menunjukkan molekul bahan pencelup BY-11 telah berjaya disingkirkan dari sampel zeolit. Secara amnya, boleh dikatakan bahawa proses penjerapan dan penjanaan semula tidak mengubah rangka struktur sampel zeolit.

#### (ii) Spektroskopi Inframerah (IR)

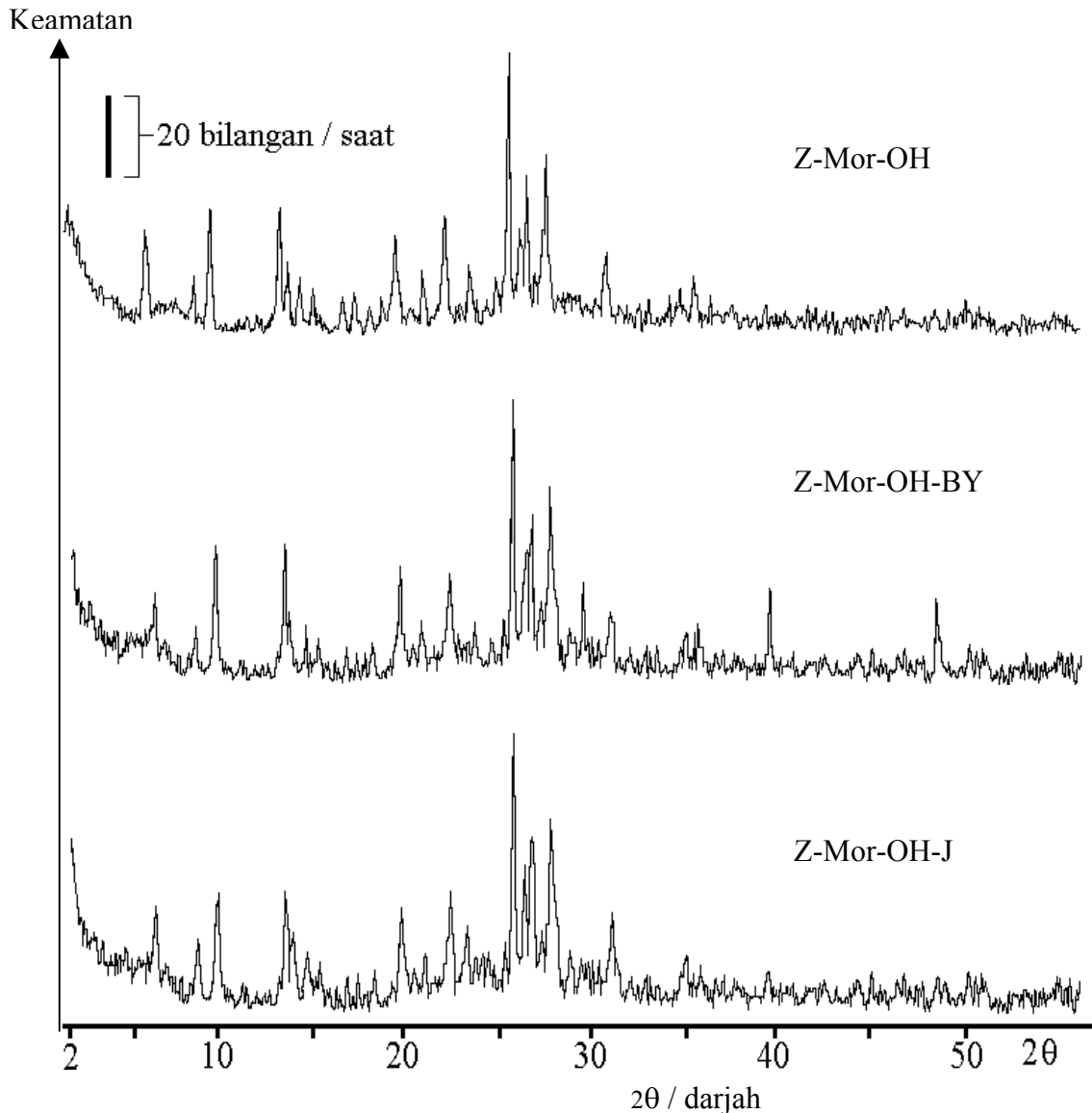
Spektroskopi inframerah bagi sampel Z-Mor-OH, Z-Mor-OH-BY dan Z-Mor-OH-J masing-masing ditunjukkan dalam Rajah 7. Daripada spektrum tersebut, didapati bahawa ketiga-tiga sampel zeolit mempunyai nombor gelombang getaran serapan yang sama. Jika dibandingkan sampel Z-Mor-OH-BY dan Z-Mor-OH-J dengan sampel Z-Mor-OH, terdapat

sedikit anjakan nombor gelombang getaran pada kawasan getaran regangan asimetri yang sensitif kepada komposisi bingkai bagi sampel Z-Mor-OH-BY dan Z-Mor-OH-J, anjakan adalah daripada  $1042.9 \text{ cm}^{-1}$  kepada nombor gelombang yang lebih tinggi iaitu  $1043.7 \text{ cm}^{-1}$  dan  $1044.0 \text{ cm}^{-1}$ .

Anjakan nombor gelombang serapan kepada yang lebih tinggi ini menunjukkan kandungan Al dalam sampel Z-Mor-OH-BY dan Z-Mor-OH-J berkurangan berbanding dengan sampel Z-Mor-OH asal yang belum melakukan proses penjerapan. Dengan kata lain, nisbah Si/Al bingkai telah meningkat. Kandungan Al berkurangan adalah disebabkan berlakunya pengeluaran sedikit unsur aluminium bingkai daripada hablur zeolit dan digantikan dengan ion molekul bahan pencelup BY-11 yang bercas positif. Selepas penjanaan semula, sedikit lagi aluminium bingkai telah mengewap bersama-sama dengan molekul bahan pencelup BY-11 dan menyebabkan berkurangnya kandungan Al dalam rangka struktur sampel zeolit.

#### (iii) Analisis Terma - Analisis Termogravimetri (TGA) dan Termogravimetri Terbitan (DTG)

Rajah 8 menunjukkan termogram TGA dan DTG bagi Sampel Z-Mor-OH, Z-Mor-OH-BY dan Z-Mor-OH-J. Manakala peratus kehilangan jisim pada suhu tertentu bagi ketiga-tiga sampel tersebut ditunjukkan dalam Jadual 1. Dengan membandingkan ketiga-tiga termogram tersebut, didapati bahawa sampel Z-Mor-OH-BY dan Z-Mor-OH-J mempunyai bentuk TGA dan DTG yang hampir sama dengan sampel Z-Mor-OH asal yang memberikan tiga peringkat kehilangan jisim.

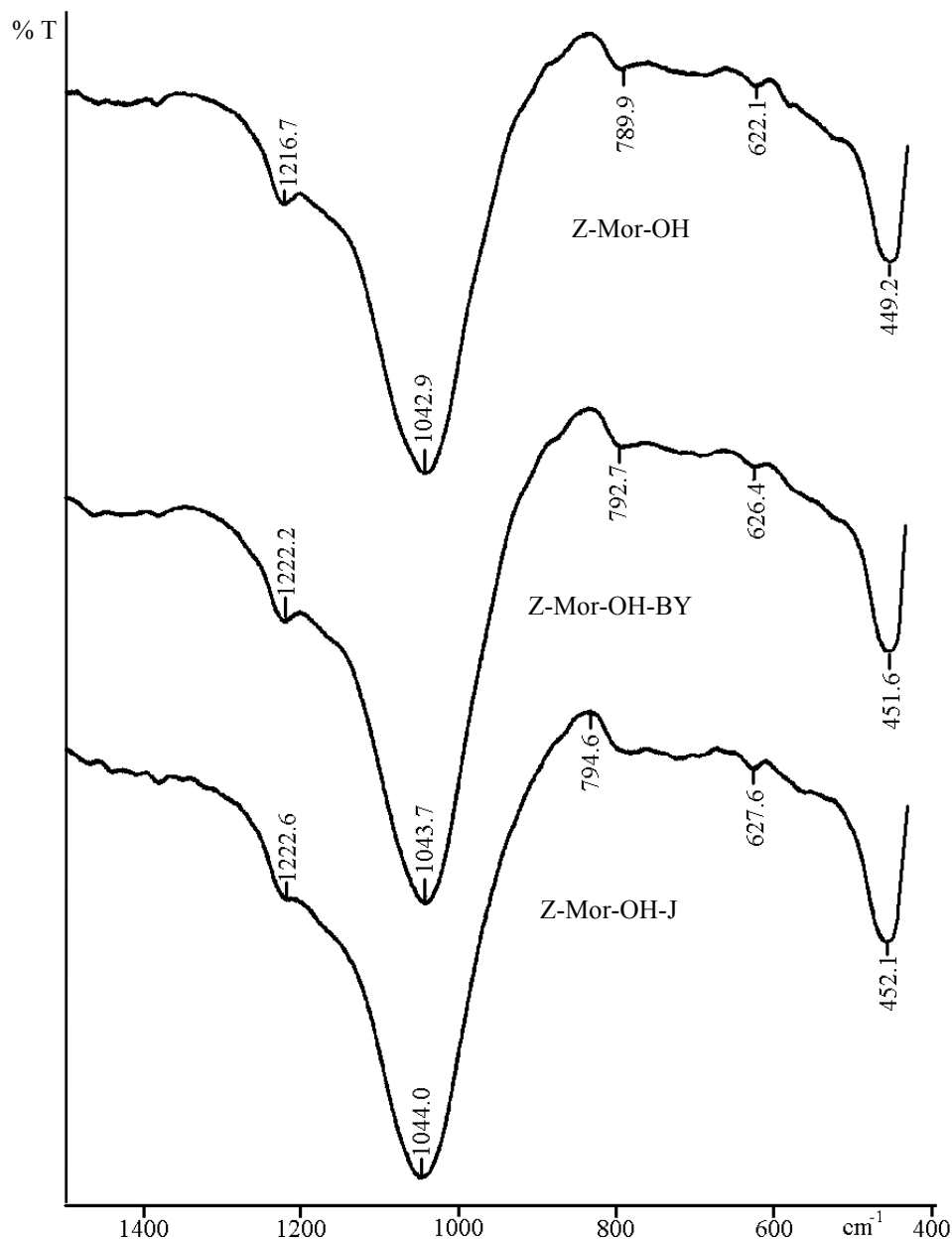


Rajah 6 : Difraktogram XRD bagi sampel Z-Mor-OH sebelum, selepas penjerapan (Z-Mor-OH-BY) dan penjanaaan semula (Z-Mor-OH-J)

Berdasarkan Jadual 1, didapati bahawa sampel Z-Mor-OH-BY mempunyai peratus kehilangan jisim yang paling tinggi, diikuti oleh sampel Z-Mor-OH. Manakala sampel Z-Mor-OH-J mempunyai peratus kehilangan jisim yang paling rendah. Peratus kehilangan jisim yang paling tinggi dalam sampel Z-Mor-OH-BY menunjukkan bahawa sampel tersebut mempunyai kandungan air, sebatian organik dan kumpulan hidroksil yang paling banyak akibat terjerap dengan molekul bahan pencelup BY-11 semasa proses penjerapan. Walau bagaimanapun jumlah peratus kehilangan jisim bagi sampel Z-Mor-OH-BY masih rendah iaitu kurang daripada 15 %. Ini disebabkan oleh kuantiti BY-11 yang terjerap adalah

rendah jika berbanding dengan jisim sampel sehingga kehilangan jisim BY-11 tidak begitu ketara.

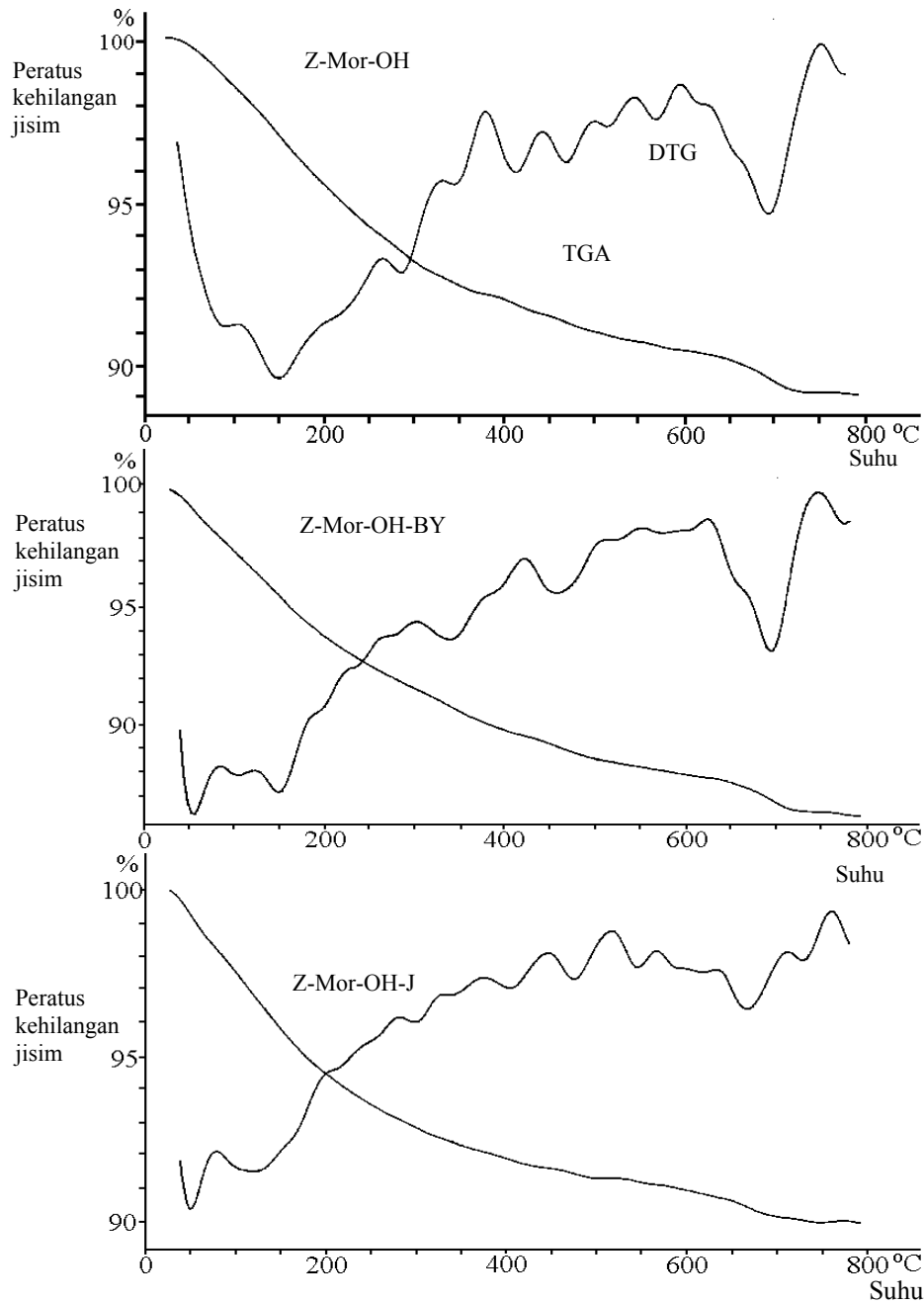
Bagi sampel Z-Mor-OH-J, peratus kehilangan jisimnya adalah paling sedikit terutamanya pada julat suhu 300°C hingga 600°C. Ini disebabkan oleh kebanyakan bahan organik iaitu bahan pencelup BY-11 dan kumpulan hidroksil permukaan telah disingkirkan dalam proses pengkalsinan yang dilakukan ke atasnya semasa proses penjanaaan semula. Dengan lain perkataan, proses penjanaaan semula yang dilakukan telah berjaya mengeluarkan bahan pencelup BY-11 yang terjerap.



Rajah 7 : Spektrum inframerah bagi sampel Z-Mor-OH sebelum, selepas penjerapan (Z-Mor-OH-BY) dan penjanaaan semula (Z-Mor-OH-J)

Jadual 1 : Peratus kehilangan jisim bagi sampel Z-Mor-OH sebelum, selepas penjerapan (Z-Mor-OH-BY) dan penjanaaan semula (Z-Mor-OH-J)

Sampel	Peratus kehilangan jisim (%) (Julat suhu °C)			Jumlah peratus kehilangan jisim (%)
	(40-300) °C	(300-600) °C	(600-800) °C	
Z-Mor-OH	6.5 %	3.0 %	1.5 %	11.0 %
Z-Mor-OH-BY	8.5 %	3.5 %	2.0 %	14.0 %
Z-Mor-OH-J	7.0 %	2.0 %	1.0 %	10.0 %



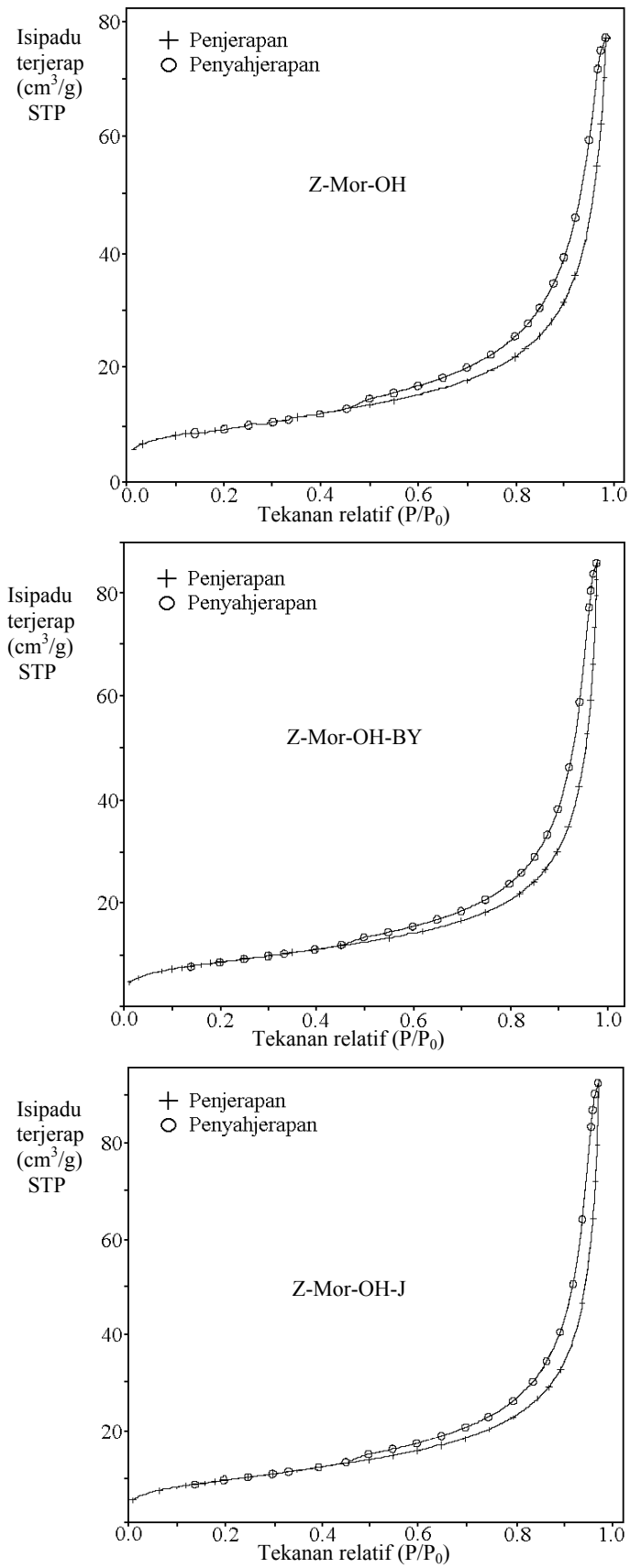
Rajah 8 : Termogram TGA dan DTG bagi sampel Z-Mor-OH sebelum, selepas penjerapan (Z-Mor-OH-BY) dan penjanaan semula (Z-Mor-OH-J)

(iv) Teknik Penjerapan Gas Nitrogen

Isoterma penjerapan gas nitrogen bagi sampel Z-Mor-OH, Z-Mor-OH-BY dan Z-Mor-OH-J telah ditunjukkan dalam Rajah 9. Manakala sifat keliangan dan luas permukaan spesifik pula ditunjukkan dalam Jadual 2. Jika membandingkan ketiga-tiga sampel zeolit tersebut, didapati sampel Z-Mor-OH-BY dan Z-Mor-OH-J masing-masing menunjukkan isoterma yang hampir sama dengan sampel Z-Mor-OH iaitu isoterma jenis IV yang mempunyai gelung histeresis. Jenis liang yang hadir dalam ketiga-tiga sampel

tersebut adalah liang jenis meso. Purata diameter liang bagi ketiga-tiga sampel tersebut adalah hampir sama iaitu dalam lingkungan 139 Å hingga 167 Å dan nilai C (BET) adalah dalam lingkungan 80 hingga 160. Manakala luas permukaan spesifik dan purata isipadu liang adalah rendah. Dengan ini, boleh dikatakan bahawa tiada perbezaan yang besar pada sifat keliangan dan luas permukaan bagi sampel selepas mengalami proses penjerapan dan penjanaan semula.





Rajah 9 : Isotherma penjerapan gas nitrogen bagi sampel Z-Mor-OH sebelum, selepas penjerapan (Z-Mor-OH-BY) dan penjanaan semula (Z-Mor-OH-J)

Jadual 2 : Sifat keliangan dan luas permukaan spesifik bagi sampel Z-Mor-OH sebelum, selepas penjerapan (Z-Mor-OH-BY) dan penjanaaan semula (Z-Mor-OH-J)

Sampel	Z-Mor-OH	Z-Mor-OH-BY	Z-Mor-OH-J
Jenis isoterma	IV	IV	IV
Nilai C (BET)	160	84	144
Jenis liang	meso	meso	meso
Purata diameter liang (Å)	139.39	169.60	167.66
Luas permukaan spesifik (m <sup>2</sup> /g)	34.10	30.97	33.56
Purata isipadu liang (cm <sup>3</sup> /g)	0.1188	0.1313	0.1406

Jadual 3 : Peratus unsur-unsur dalam sampel Z-Mor-OH sebelum, selepas penjerapan (Z-Mor-OH-BY) dan penjanaaan semula (Z-Mor-OH-J)

Jenis unsur	Z-Mor-OH (%)	Z-Mor-OH-BY (%)	Z-Mor-OH-J (%)
Al	5.81	5.60	6.26
Na	3.06	2.12	2.34
Ca	4.70	4.44	5.59
K	1.40	1.03	1.21
Fe	1.34	1.27	1.66

#### D. Penentuan Perubahan Penukargantian kation

Teknik analisis pengaktifan neutron (NAA) telah digunakan untuk menentukan perubahan penukargantian kation. Jadual 3 menunjukkan keputusan analisis unsur bagi sampel Z-Mor-OH, Z-Mor-OH-BY dan Z-Mor-OH-J.

Menurut Jadual 3 di atas, didapati sampel Z-Mor-OH asal tanpa mengalami proses penjerapan mempunyai peratus kehadiran unsur-unsur kation yang tinggi terutamanya unsur natrium. Manakala bagi sampel Z-Mor-OH-BY dan Z-Mor-OH-J, peratus unsur natrium telah berkurangan. Kehadiran unsur natrium yang rendah dalam kedua-dua sampel tersebut menunjukkan bahawa proses penukargantian kation natrium dengan molekul bahan pencelup sintetik bes yang bercas positif telah berlaku dalam penjerapan sampel zeolit.

Jika dibandingkan ketiga-tiga sampel zeolit tersebut, didapati bahawa sampel Z-Mor-OH-BY mempunyai peratus kehadiran unsur-unsur kation yang rendah akibat daripada terjerap dengan BY-11. Apabila sampel Z-Mor-OH-BY dijana semula secara pemanasan dan bertukar menjadi sampel Z-Mor-OH-J, peratus kehadiran unsur-unsur kation telah meningkat. Ini disebabkan oleh sebahagian besar molekul BY-11 telah tersingkir dan menyebabkan nisbah peratus kehadiran unsur-unsur kation telah bertambah. Walau bagaimanapun, kekurangan unsur natrium dalam sampel Z-Mor-OH-BY dan Z-Mor-OH-J telah menunjukkan berlakunya proses penukargantian ion, iaitu penjerapan kimia dalam penjerapan sampel zeolit terhadap bahan pencelup sintetik.

#### Kesimpulan

Hasil kajian menunjukkan bahawa sampel Z-Mor-OH mempunyai kuasa penjerapan yang tinggi terhadap bahan pencelup BY-11. Sampel tersebut hanya memerlukan 0.2 g untuk mencapai peratus penjerapan optimum. Hasil kesan suhu pengkalsinan terhadap kapasiti penjerapan menunjukkan kumpulan hidroksil atau tapak-tapak aktif yang wujud pada permukaan sampel zeolit mempengaruhi kuasa penjerapannya. Daripada kajian penjanaaan semula, boleh disimpulkan bahawa penjanaaan semula secara terma dapat menyingkirkan molekul bahan pencelup yang terjerap pada permukaan sampel zeolit dan mengembalikan kuasa penjerapan sampel zeolit walaupun terdapat sedikit penurunan peratus penjerapan pada sampel Z-Mor-OH-J.

Menurut hasil keputusan penentuan perubahan rangka struktur sampel zeolit dengan teknik XRD, IR, analisis terma dan penjerapan gas nitrogen, didapati bahawa sampel zeolit selepas penjerapan dan penjanaaan semula tidak mengalami perubahan rangka struktur yang jelas. Teknik NAA pula menunjukkan kehadiran peratus unsur natrium dalam sampel Z-Mor-OH telah berkurangan selepas penjerapan. Ini menunjukkan bahawa sampel zeolit telah berlaku penukargantian kation natrium dalam proses penjerapan bahan pencelup sintetik.

Sebagai kesimpulannya, boleh dikatakan bahawa zeolit jenis mordenit asli berpotensi digunakan sebagai bahan penjerap untuk menyingkirkan bahan pencelup daripada air sisa dalam bidang industri tekstil. Jenis penjerapan yang terlibat dalam proses penjerapan sampel zeolit

terhadap bahan pencelup sintetik merupakan campuran penjerapan fizik yang bergantung kepada sifat keliangan dan penjerapan kimia iaitu penukargantian ion.

### Penghargaan

Setinggi-tinggi ucapan ribuan terima kasih ditujukan kepada UTM kerana membiayai projek ini dibawah RMC. No. Vot : 71294. Penghargaan yang ikhlas juga diucapkan kepada pihak Institut Penyelidikan Teknologi Nuklear Malaysia (MINT), Bangi, Selangor dan pensyarah-pensyarah dan pembantu-pembantu makmal Jabatan Kimia, Jabatan Fizik, Fakulti Sains dan Fakulti Mekanikal, UTM.

### Rujukan

1. Tchobanoglous, G. and Burton, F. L. (1991) "Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Reuse." 3rd. ed. New York : McGraw Hill. 315-320.
2. Tyrone, L. V. (1994). "Textile Processing and Properties." London: Elsevier Science B. V. 80-130.
3. Sankar, M., Sekaran, G., Sadulla, S. and Ramasami, T. (1999). "Removal of Diazo and Triphenylmethane Dye from Aqueous Solutions Through an Adsorption Process." *J. Chem. Tech. Biotechnol.* 74. 337-344.
4. Lin, S. H. (1993). "Adsorption of Disperse Dye by Various Adsorbents." *J. Chem. Tech. Biotechnol.* 58. 159-163.
5. Lin, S. H. (1993). "Adsorption of Disperse Dye by Powdered Activated." *J. Chem. Tech. Biotechnol.* 57. 387-391.
6. Norlaili Abu Bakar, Zulkanain Zainal, Mohd. Zobir Hussein and Ramli Ibrahim (1998). "Phenol Adsorption in Aqueous Solution Using Activated Carbon from Oil Palm Trunk." *Malaysian J. of Analytical Sciences.* 4. 65-71.
7. Vinag, K. S. and Prem, N. T. (1997). "Removal and Recovery of Chromium (VI) from Industrial Wastewater." *J. Chem. Tech. Biotechnol.* 69. 376-382.
8. Ahmad Al Haji Ali and Ribhi El Bishtawi (1997). "Removal of Lead and Nickel Ions Using Zeolite Tuff." *J. Chem. Tech. Biotechnol.* 69. 27-34.
9. Ruth, Y. L. Y. (1995). "Color Difference Measurement and Color Removal from Dye Wastewater Using Different Adsorbents." *J. Chem. Tech. Biotechnol.* 63. 55-59.
10. Bernal, M. P. and Lopez, J. M. (1993). "Natural Zeolite and Sepiolite as Ammonium and Ammonia Adsorbent Materials." *J. Bioresource Technology.* 43. 27-33.
11. Sudam, K. P. and Bijay, K. M. (1996). "Adsorption of Styryl Pyridinium Dyes on Silica Gel." *J. of Colloid and Interface Science.* 182. 473-477.
12. Sand, L. B. and Mumpton, F. A. (1976). "Natural Zeolites: Occurance, Properties, and Use." New York: Pergamon Press.
13. Rosemarie, S. (1992). "Handbook of Molecular Sieves." New York: Van Nostrand Reinhold.
14. Barrer, R. M. (1982). "Hydrothermal Chemistry of Zeolites." London: Academic Press.
15. Clint, L. and Jai, N. (1994). "Aldrich." USA : Aldrich Chemical Company.