Indonesian Journal of Pure and Applied Chemistry
journal homepage: http://jurnal.untan.ac.id/index.php/IJoPAC

ADSORPSI SENYAWA MONOMER PIROL OLEH KARBON AKTIF MAGNETIK

ADSORPTION OF PYROL MONOMER COMPOUNDS BY MAGNETICACTIVE CARBON

Berta Juniarty Antomy, Agus Wibowo, Nelly Wahyuni*

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Tanjungpura, Jl. Prof. H. Hadari Nawawi Pontianak, Indonesia, 78124

**Corresponding author: nellywahyuni@chemistry.untan.ac.id*

DOI: http://dx.doi.org/10.26418/indonesian.v5i3.54948

ARTICLE INFO

Article history:
Received 6 June 2022
Accepted 31 October 2022
Available online 31 October 2022

Keywords:
Magnetic Activated Carbon, Pyrrole, Kinetics

ABSTRACT

Magnetic activated carbon (KAM) is used as an absorbent or adsorbent based on coconut shell which has been activated with sodium bicarbonate. The activated carbon is added to the iron composite which produces KAM. The iron composite content in the adsorbent has the ability to absorb and facilitate the separation process on the adsorbate. The purpose of this study was to determine the ability of the adsorbent to absorb the adsorbate, namely the pyrrole monomer compound. The adsorbent was characterized using the Fourier Transform Infra-Red (FTIR) instrument to determine the functional groups present. The adsorption capacity of iodine and methylene blue, adsorption isotherm, and adsorption kinetics were analysis. The adsorption isotherm was determined by varying the pyrrole concentration from the range of 30; 40; 50; 60 and 70 ppm. Determination of time variation was also carried out on adsorption kinetics with a range of 1; 1.5; 2; 2.5 and 3 hours. The FTIR spectrum produces Fe-O functional groups with an absorption peak of 556 cm^{-1}, indicating the presence of a magnetic composite that has been attached to carbon. The adsorption capacity of iodine and methylene blue on magnetic activated carbon are 527 mg/g and 699 mg/g, respectively. The adsorption kinetics on KAM with the first-order model resulted in a value of R^2=0.7736.

© 2022 IJoPAC. All rights reserved

1. Pendahuluan

Kelapa *(Cocos nucifera)* menjadi salah satu tumbuhan yang tingkat produksi buahnya meningkat. Menurut Direktorat Jenderal Perkebunan tahun 2017 produksi buahkelapa di Pulau Kalimantan yang tertinggi di provinsi Kalimantan Barat. Provinsi tersebutyang menghasilkan buah kelapa sebanyak 73.981 ton per tahun. Produksi kelapa sebanding dengan limbah tempurung kelapa yang dihasilkan. Tempurung kelapa memiliki nilai ekonomis yang tinggi saat diolah menjadi arang aktif atau karbon aktif [1].

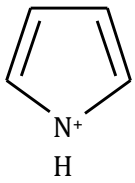
Karbon atau arang dihasilkan dari bahan dasar tempurung kelapa yangdilakukan melalui proses pirolisis. Proses pirolisis merupakan pembakaran biomassa dengan kondisi sedikit atau tanpa oksigen [2]. Karbon hasil pirolisis diaktivasi melalui aktivasi fisika dan kimia. Aktivasi fisika dilakukan pengelolahan dengan suhu tinggi dan menggunakan gas CO_2, bahan-bahan kimia atau uap air, sehingga menyebabkan pori-pori dari arang menjadi terbuka [3]. Pori-pori karbon aktif mengalami peningkatan luas permukaan dibandingkan karbon dari 500 hingga 2000m^2/g [4]. Hal tersebut berhubungan dengan struktur pori internal pada karbon aktif yang menyebabkan sifat sebagai adsorben atau penyerap meningkat [5]. Aktivasi dilakukan secara kimia menggunakan agen aktivasi berupa hidroksida logam alkali, garam-garam karbonat, klorida, sulfat, fosfat dari logam alkali tanah [3]. Beberapa jenis agen aktivasi yang umum digunakan yaitu $ZnCl_2$, KOH, H_3PO_4, NaOH dan $CaCl_2$[6].

Penelitian ini menggunakan natrium bikarbonat sebagai agen aktivator berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Ismadi pada tahun 2009[7]. Penggunaan natrium bikarbonat digunakan sebagai aktivator karena ramah lingkungan dan mudah didapatkan. Hasil penelitian tersebut menjelaskan bahwa natrium bikarbonat berinteraksi dengan adsorben, sehingga menyebabkan terlepasnya zat-zat pengotor yang kemudian meningkatkan luas permukaan pori pada adsorben. Peningkatan luas permukaan pori pada proses aktivasi memungkinkan meningkatnya kemampuan daya adsorpsi pada adsorben [8].

Penambahan nanopartikel magnetit pada adsorben menghasilkan sifat adsorpsi dan magnet pada komposit baru yang terbentuk sehingga disebut karbon aktif magnetik yang disingkat KAM [9]. Komposit baru oleh besi oksida yang berfungsi supaya proses adsorpsi lebih selektif dengan luas permukaan spesifik. Sifat magnet yang dihasilkan berfungsi untuk mempermudah proses pemisahan partikel adsorben yang telah mengadsorpsi adsorbat dengan menggunakan batang magnet sederhana [10]. Sifat tersebut diharapkan terjadi pada KAM, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai adsorben dengan mempermudah proses desorpsi.

Adsorben karbon aktif magnetik dapat berinteraksi dengan senyawa lainnya melalui proses interaksi pertukaran kation/anion, adsorpsi secara kimia, adsorpsi spesifik dan efek elektrostatik. Interaksi pertukaran kation terjadi berdasarkan perbedaan muatan antara adsorben dan adsorbat. Menurut penelitian [9] terjadi Proses pertukaran kation antara adsoben dengan metilen biru yang bermuatan positif. Adsorben yang diperankan oleh karbon aktif magnetik lebih dominan bermuatan negatif sehingga adsorbat harus bermuatan positif [9]. Adsorbat yang digunakan pada penelitian ini yaitu senyawa pirol dengan bermuatan positif [11]. Pirol (Gambar 1) merupakan senyawa heterosiklik aromatik yang tergolong dalam jenis alkaloid dengan memiliki ikatan atom nitrogen. Senyawa pirol mempunyai cincin datar, dan lingkaran orbital p tak terputus dengan enam elektron [12]. Penelitian ini mengharapkan karbon aktif magnetik dan senyawa pirol dapat berinteraksi melalui interaksi tukar kation yang diketahui pada proses adsorpsi.

Oleh karena itu, tulisan ini akan mengkaji mengetahui kemampuan karbon aktif magnetik dalam mengadsorp senyawa pirol dalam bentuk monomer. Karakterisasi yang dilakukan pada karbon aktif magnetik menggunakan *Fourier Tansform Infrared Spectroscopy* (FTIR). Tujuan dilakukannya karakterisasi untuk mengetahui gugus fungsi yang menunjukkan terbentuknya adsorben. Selain itu, dilakukan uji kadar air, kadar abu, daya serap metilen biru dan daya serap iodin terhadap adsorben. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat melakukan karakterisasi lebih lanjut pada adsorben karbon aktif magnetik.



Gambar 1. Struktur senyawa pirol[13]

2. Metode

2.1. Bahan dan alat

Bahan yang digunakan yaitu sampel senyawa pirol, akuades, arang tempurung kelapa, $FeCl_3.6H_2O$, $FeSO_4.7H_2O$, NaOH, dan soda kue (merk Unta) sebagai aktivator.

Alat yang digunakan yaitu alat-alat gelas, ayakan, ball mill, cawan porselin, krus porselin, oven, *hot plate*, pengaduk magnetik, sentrifuse, tanur dan timbangan analitik, shaker, pH meter, kertas saring.

2.2 Prosedur Kerja

Proses Pirolisis

Pembuatan karbon aktif magnetik dari tempurung kelapa dilakukan dengan metodepirolisis, yaitu menggunakan tempurung kelapa sebanyak 20 kg yang sudah di cuci bersihdan di keringkan dibawah sinar matahari. Kemudian tempurung kelapa di panaskan dalam alat pirolisis pada temperatur 250-260°C selama 1 jam 15 menit. Setelah itu didinginkan dan ditentukan kadar karbon dalam arang tempurung kelapa tersebut. Hasil karbonisasi kemudian digerus dan diayak menggunakan ayakan 325 *mesh* dan tertahan diayak 400 mesh sehingga diperoleh keseragaman ukuran [7].

Proses Aktivasi

Setelah itu dilakukan proses aktivasi, dimana sebanyak 50 gram sampel arang tempurung kelapa. Kemudian direndam dalam larutan soda kue atau natrium bikarbonat ($NaHCO_3$) sebanyak 20 g dalam 500 ml akuades selama 24 jam. Dalam hal ini larutan tersebut berperan sebagai aktivator. Setelah itu, dicuci menggunakan HNO_3 0,1 M yang dilanjutkan dengan pencucian menggunakan akuades hingga pH netral. Kemudian dilakukan pengeringan dalam oven selama 3 jam pada temperatur 105°C [7].

Pembuatan Karbon Aktif Magnetik (KAM)

Adsorben dimasukkan ke dalam 200 mL air dan diaduk menggunakan magnet *stirrer* pada suhu 70^{o}C. Pada wadah lain, dibuat 200 mL campuran $FeCl_3.6H_2O$ dan $FeSO_4.7H_2O$ dengan perbandingan mol 2 : 1. Campuran ini dimasukkan kedalam larutankarbon aktif yang sedang diaduk dan dipanaskan. Adsorben yang dibuat berdasarkan perbandingan berat oksida besi dan karbon aktif yaitu; (KA:OB = 2 : 1). Kemudian padacampuran ini ditambahkan masing - masing 100 mL NaOH 5M sehingga terbentuk endapan Fe yang membentuk komposit dengan karbon aktif serta partikel komposit dipisahkan dari laruan air menggunakan magnet *stirrer*. Selanjutnya, partikel komposit berupa endapan dicuci beberapa kali dengan air bebas mineral sampai konduktifitas < 100uS/m^2 dan dikeringkan pada suhu 100 ^{o}C selama 3 jam. Adsorben magnetik yang diperoleh selanjutnya digerus dan diayak dengan ayakan 325 *mesh* untuk mendapatkan serbuk yang halus [10].

Karakterisasi Karbon Aktif Magnetik

Karakterisasi karbon aktif dilakukan dengan cara membandingkan dengan SNI karbon aktif dengan cara diukur kadar abu, kadar air dan densitas. Selain itu, juga dilakukan pengukuran menggunakan (FTIR), penentuan kadar abu (SNI 06-3730-1995), penentuan kadar air (SNI 06-

3730-1995), penentuan bilangan iodin (ASTM D4607-94), dan Penetuan Daya Serap Metilen Biru (SNI 06-3730-1995).

Isoterm Adsorpsi pada Karbon Aktif Magnetik terhadapPirol

Sampel KA dan KAM di timbang masing-masing 0,5 g [14]. Selanjutnya, variasi konsetrasi sebesar 30; 40; 50; 60 dan 70 ppm. Kemudian masing- masing dari variasi konsetrasi di ambil 50 ml. Kemudian diadsopsi selama 2 jam denganrpm 250. Setelah itu dipisahkan dengan cara disaring menggunakan kertas saring biasa 3 lapis. Disaring sebanyak 2-3 kali penyaringan sampai sampel benjadi bening. Setelah itu dilakukan pengenceran 10x dengan di pipet 1 mL sampel dan ditepatkan dalam labu ukur 10 mL. Kemudian dilakukan pengukuran adsorbansi sampel menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang maksimum 205 nm.

Kinetika Adsorpsi pada Karbon Aktif Magnetik terhadap Pirol

Sampel KAM di timbang masing-masing 0,5 g [14]. Waktu kontak adsorpsi divariasikan pada rentang waktu 1; 1,5; 2; 2,5 dan 3 jam [15]. Kemudian diambil masing-masing dari variasi konsetrasi sebanyak 50 ml dari konsetrasi KA 40 ppm dan konsetrasi KAM 60 ppm. Setelah itu diaduk menggunakan shaker dengan kecepatan 250 rpm. Kemudian di pisahkan dengan cara di saring menggunakan saringan biasa. Penyaringan dengan 3 lapis kertas saring dan di lakukan 2-3 kali penyaringan sampai sampel menjadi bening. Kemudian filtratnya dilakukan pengencerkan 10x dengan di ambil sebanyak 1 mL filtrat dan di tepatkan dalam labu ukur10 mL. Setelah itu di ukur absorbansi menggunakan spektrofotometer Uv-Vis dengan panjang gelombang maksimum 205 nm.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan karbon aktif dari tempurung kelapa dilakukan melalui proses pirolisis Pembentukan arang atau karbon pada proses pirolisis terjadi dari rentang suhu 150- 1000°C, pada sampel menggunakan suhu 250-260°C yang masuk pada rentang suhu pirolisis. Arang dihasilkan mengalami perubahan lebih lanjut menjadi karbon monoksida, gas hidrogen dan gas hidrokarbon. Hasil yang di dapatkan pada berat sampel terjadi penurunan dari 20 Kg menjadi 9,5 kg. Hal tersebut terjadi karena terurainya senyawa komplek penyusun yang terdapat dalam tempurung kelapa dan berupa padatan dalam bentuk arang [2]. Karbon yang dihasilkan dilakukan penggerusan dan pengayakan menggunakan ayakan 235 mesh yang tertahanpada 400 mesh. Tujuannya agar ukuran partikel pada adsorben homogen dan semakin kecil ukuran adsorben maka semakin tinggi kemampuan daya serapnya.

Adsorben yang dihasilkan melalui proses pirolisi dilakukan aktivasi dengan menggunakan aktivator natrium bikarbonat. Proses tersebut mengurangi kandungan airyang masih tersisa pada karbon sehingga pori-pori pada permukaan karbon terbuka dan luas permukaan pori menjadi spesifik [16]. Zat pengotor yang terdapat pada pori-pori adsorben digantikan oleh zat kimia yang terkandung dalam aktivator, kemudian pori-pori yang terdapat pada permukaan karbon menjadi lebih besar [17]. Pori-pori meningkatkan daya serap dengan terjadinya luas permukaan pori.

Karbon yang telah diaktivasi ditambahkan dengan besi oksida untuk membentukkarbon aktif magnetik. Mekanisme pembentukan komposit magnetik pada karbon aktif melalui pencampuran Fe^{3+} dan Fe^{2+} dengan penambahan larutan basa (NaOH). Ion-ion tersebut membentuk endapan hidroksida besi atau $Fe(OH)_2$ dan $Fe(OH)_3$ sehingga membentuk magnetik atau oksida besi [18]. Berikut perkiraan reaksi pembentukan KAM :

$$FeSO_4 + 2FeCl_3 + 8NaOH \longrightarrow Fe_3O_4 + Na_2SO_4 + 6NaCl + 4H_2O$$

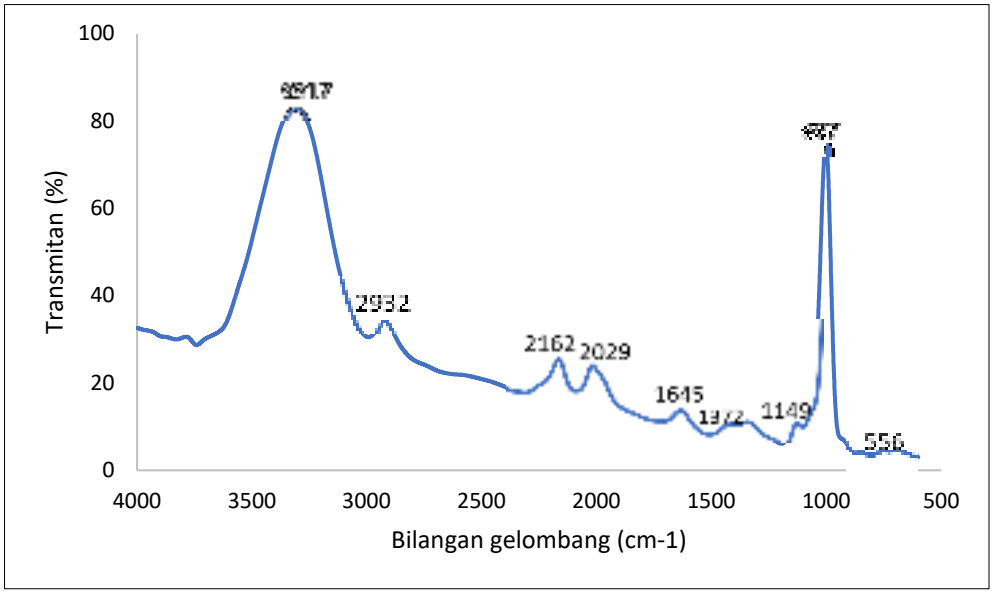
Karbon aktif yang dikompositkan dengan oksida besi menyebabkan permukaan karbonaktif tertempel oksida besi. Sifat yang dimiliki komposit baru yaitu sifat adsopsi dan magnet. Hal tersebut terlihat pada proses penempelan batang magnet pada komposit dan terjadi interaksi berupa gaya tarik menarik. Hal tersebut terjadi ketika atom Fe menyerang atom H^+ pada karbon aktif sehingga atom H^+ terlepas dan diganti oleh atom Fe. Proses tersebut menghasilkan karbon aktif magnetik. Kelebihan dari karbon aktif magnetik dapat bereaksi dengan medan magnet luar yang mempermudah proses pemisahan adsorben dan adsorbat [16].

Karakterisasi Menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR)

Hasil karakterisasi dari karbon aktif magnetik pada bilang gelombang 3317 cm^{-1} terdapat gugus O-H. Serapan untuk gugus O-H memiliki rentang bilangan gelombang dari 3200-3570 cm^{-1} [19]. Merurut fisli (2018) rentang bilangan gelombang pada serapan gugus O-H kisaran 3000-3600 cm^{-1}. Bilangan gelombang 1149 cm^{-1} mengidentifikasikan adanya gugus fungsi C-O, rentang bilangan gelombang pada serapan gugus fungsi C-O dari 1000-1200 cm^{-1}. Tabel 1 menunjukan bilangan gelombang 556 cm^{-1} yang mengidentifikasikan adanya gugus Fe-O. Hal tersebut masuk dalam rentang bilangan gelombang 500-700 cm^{-1} yang menunjukan adanya *vibrasi stretching* Fe-O magnetit [9].

Tabel 1. Hasil Karakterisasi FTIR Karbon Aktif Magnetik pada penelitian dan [9]

Posisi pita serapan cm-1		Gugus fungsional
Hasil penelitian (Cm^{-1})	**Fisli 2018 (Cm^{-1})**	
3317	3400	Ikatan O-H
1149	1100	Ikatan C-O
556	560	Ikatan Fe-O



Gambar 2. Hasil Karakterisasi FTIR pada Karbon Aktif Magnetik

Tabel 2. Penentuan kadar air, penentuan kadar abu, daya serap iodin dan dayaserap metilen biru pada karbon aktif magnetik

Pengujian	SNI	Karbon Aktif Magnetik
Kadar abu	Maks 10%	2,65%
Kadar air	Maks 15%	1,54%
Daya serap iodin	Min 750 mg/g	527 mg/g
Daya serap metilen biru	Min 120 mg/g	699 mg/g

Tabel 2 menunjukan hasil penentuan kadar air, kadar abu, daya serap iodin dandaya serap metilen biru terhadap adsoben karbon aktif magnetik. kadar abu sampel memenuhi nilai SNI pada angka maksimal 10%. Berdasarkan data yang ada diperoleh nilai persentase pada karbon aktif magnetik sebesar 2,65%. Meningkatnya kadar abu juga dapat terjadi karena pembentukan garam-garam mineral pada proses pengarangan yang selanjutnya membentuk partikel-partikel halus dari garam-garam mineral, hal ini menyebabkan adanya garam mineral yang terkandung pada sampel saat proses pembuatan karbon [20]. Penurunan kadar abu pada adsorben menunjukan peningkatan kemampuan daya serap pada adsoben terhadap adsorbat.

Berdasarkan nilai SNI dengan angka maksimal 15% diperoleh nilai yang masih memenuhi standar pada hasil analisi tersebut. Adapun nilai persen kadar air yang diperoleh dari karbon aktif magnetik sebesar 1,54%. Kadar air pada karbon aktif magnetik dari hasil penelitian meningkat. Kandungan komposit besi ($FeCl_3$ dan $FeSO_4$) yang meningkatkan jumlah pori pada permukaan, sehingga jumlah pori yang bertambah meningkatkan sifat karbon aktif magnetik untuk menyerap air melalui udara (sifat higroskopis). Hal tersebut menyebabkan kadar air pada karbon aktif magnetik meningkat.

Penentuan bilangan iodin bertujuan untuk mengetahui kemampuan dari karbon aktif dalam menyerap larutan yang berwarna dengan ukuran molekul kurang dari 10 Å atau 1 nm [21]. Tabel 2 menujukan bahwa belum memenuhi nilai SNI pada angka minimanl 750 mg/g. Nilai daya serap iod 527 mg/g diperoleh dari karbon aktif magnetik. Daya serap pada iodin berhubungan dengan luas permukaan pada sampel. Semakin besar daya serap iodin maka semakin besar luas permukaan pada sampel. Nilai daya serap iod pada karbon rendah dikarenakan sebagian pori permukaan adsorben kemungkinan masih tertutupi oleh hidrokarbon dan komponen lain seperti air, abu, nitrogen dan sulfur [22].

Metilen biru merupakan senyawa aromatik heterosiklik, berbentuk padatan yangmemiliki warna hijau tua. Uji daya serap dengan larutan metilen biru bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak karbon aktif dapat menyerap larutan berwarna. Pengujian ini dilakukan dengan intrumen UV-Vis pada Panjang gelombang 665 nm. Berdasarkan literatur bahwa rentang Panjang gelombang maksimum pada metilen biru kisaran 600- 700 nm [23]. Tabel 3.2 menunjukan daya serap metilen biru pada adsorben memenuhi standar dengan nilai SNI sebesar minimal 120 mg/g. Hasil penelitian pada karbon aktif magnetik diperoleh pH 8, pada pH > 6,5 cenderung bermuatan negatif sehingga membentuk (FeO^-). Kondisi tersebut menunjukan bahwa situs aktif magnetik yang cenderung bermuatan negatif dapat berinteraksi dengan zat warna kationik berupa metilen biru. Metilen biru mengalami ikatan elektrostatik dengan situs aktif magnetik, sehingga menyebabkan semakin meningkat kemampuan daya serapnya [24].

Isoterm dan kinetika adsorpsi pada karbon akatif magnetik. Model-model adsorpsi yang digunakan antara lain Freundlich, Tempkin, Dubinin-Radushkevich dan Redlich-Peterson. Hasil perhitungan pada Table 3 menunjukan adsorpsi isoterm pada senyawa pirol terhadap karbon aktif magnetik. Adsorpsi isoterm yang memiliki nilai R^2 tertinggi dan K positif. Hasil adsorpsi yang diperoleh

mendekati model persamaan Freunlich dengan nilai R^2=0,08 dan nilai K=41,4. Adsorpsi Freunlich merupakan adsorpsi yang terjadi pada permukaan heterogen.

Tabel 3. Adsorpsi isoterm pada karbon aktif magnetik

Model	Persamaan	Nilai R^2	Nilai K
Freundlich	Y = 1,617x– 1,746	0,08	41,4
Tempkin	Y= 3,7268x + 8,5101	0,0739	9,8099
Dubinin-Radushkevich	Y= -0,0077x + 1,6357	0,0567	0,0077
Redlich-peterson	Y = -0,617x + 4,0202	0,0125	-0,167

Tabel 4. Adsorpsi kinetika pada Karbon Aktif Magnetik

Model	Persamaan	Nilai R^2	Nilai k
Orde satu	y = -0,0013x +1,4875	0,7736	0,0013
Orde dua	Y = -0,0085x+ 0,0631	0,7773	-0,0085
Pseudo orde satu	-	-	-
Pseudo orde dua	Y = 0,3191x –0,0926	0,9863	-1,0996

Model adsorpsi kinetika yang digunakan yaitu orde satu, orde dua, pseudo orde satudan pseudo orde dua. Hasil yang didapatkan pada Tabel 4 Hasil yang diperoleh menunjukan adsorpsi kinetika terhadap karbon aktif magnetik. Nilai R^2 tertinggi dan nilai k positif diperoleh pada model orde satu dengan nilai sebesar 0,7736. Orde satu adalah suatu reaksiyang kecepatannya bergantung hanya pada salah satu zat yang bereaksi atau sebanding dengan salah satu pangkat reaktan [25]. Model tersebut menghasilkan nilai R^2 tertinggi dengan nilai k positif. Pseudo orde satu menjelaskan bahwa konsentrasi adsorbat berlebih dibandingkan dari jumlah sisi aktif yang tersedia pada permukaan adsorben [26].

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Analisis menggunakan intrumen FTIR mengidentifikasikan gugus fungsi terhadap adsorben yaitu dengan bahan dasar tempurung kelapa membentuk gugus fungsi Fe-O yang menunjukan terdapatnya komposit Fe pada karbon aktif magnetik.
2. Adsorpsi Kinetika karbon aktif magnetik memperoleh nilai R^2 sebesar 0,7736 dan nilai k 0,0013 pada model orde satu.

Daftar Pustaka

[1]. Pambayun, G. S.; Yulianto, R. Y. E.; Rachimoellah, M. dan Putri, R. M. M., 2013, Pembuatan Karbon Aktif Dari Arang Tempurung Kelapa dengan Aktivator Zncl2 Dan Na2co3 Sebagai Adsorben Untuk Mengurangi Kadar Fenol dalam Air Limbah, *J.Teknik Pomits.*, 2:116.

[2]. Jamilatun, S.; Setyawan, M.; Salamah, S.; Purnama, D. A. A. dan Riska., 2015, Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dengan Aktivasi Sebelum dan Sesudah Pirolisis, *J. Fakultas Teknik UMJ*, Hal. 2.
[3]. Polii, F. F., 2017, Pengaruh Suhu dan Lama Aktifasi Terhadap Mutu Arang Aktif dari Kayu Kelapa, *J.Industri Hasil Perkebunan*., 12:22.
[4]. Kristianto, H., 2017, Sintesis Karbon Aktif dengan Menggunakan Aktivasi Kimia Zncl2, *J.Integrasi Proses*., 6:105.
[5]. Kurniawan, R.; Lutfi, M. dan Agung, W., 2014, Karakterisasi Luas Permukaan Bet (Braunanear, Emmelt dan Teller) Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa dan Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Aktivasi Asam Fosfat (H3PO4), *J.Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem,* Vol 2:1.
[6]. Ibrahim., Martin, A. dan Nasruddin, 2014, Pembuatan Dan Karaktrisasi Karbon Aktif Berbahan Dasar Cangkang Sawit Dengan Metode Aktivasi Fisika Menggunakan Rotary Autoclave, Jom FTEKNIK, 1:5.
[7]. Ismadi, M., 2009, Pembuatan Karbon Aktif dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Teraktivasi Soda Kue, UNTAN (Skripsi).
[8]. Sekewael, S. J.; Latupeirissa, J. dan Johannes, R., 2015, Adsorpsi Logam Cd Mengunakan Arang Aktif dari Kulit Buah Coklat (*Theobroma Cacao*), *J. Chem*, Vol 2:200.
[9]. Fisli, A.; Safitri, R. D.; Nurhasni. dan Deswita., 2018, Analisis Struktur dan Porositas Komposit Fe3O4- Karbon dari Limbah Kertas Sebagai Adsorben Magnetik, *J.Sains Materi Indonesia,* Vol 19:180.
[10] Fisli, A.; Ariyani, A.; Wardiyati, S. dan Yusuf,S., 2012, Adsorben Magnetik Nanokomposit Fe3o4-Karbon Aktif untuk Meyerap Thorium, *J.Sains MateriIndonesia*., 13:193.
[11]. Gunawan I, Sulistyo H, Rochmadi. (2001). Analisis Numerik *Hooke Jeeves-Runge Kutta* Untuk Menentukan Persamaan Lau Reaksi Polimerisasi Pirol. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. Vol. 3 No. 1: 16-19
[12]. Hindra,R. F.; Riyanto,C. A. dan Martono,Y., 2018, Ekstraksi Protoporfirin Ix dariKerabang Telur Puyuh (Cortunix Cortunix) dan Kompleksasinya dengan Ni(Ii) serta Potensinya Sebagai Pewarna Kain Alami, *J.Kimia dan Kemasan*., 40:33-34.
[13]. Murniati, A.; Buchari1.; Gandasasmita, S. dan Nurachman, Z., 2012, Sintesis Dan Karakterisasi Polipirol Pada Elektroda Kerja Kasa Baja Dengan MetodeVoltametri Siklik, *J.Sains Materi Indonesia*, Vol. 13:214.
[14]. Silaban D.P. (2018). Sintesis Karbon Aktif dari Arang Tempurung Kelapa Limbah Mesin Boiler sebagai Bahan Penyerap Logam Cd, Cu, dan Pb. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*. Vol. 29 No 2. Tahun 2018 Hal. 119-127
[15]. Tanasale, M., F., J., D., P. Sutapa, I., W. dan Topurtawy, R. R. (2014). Adsorption of rhodamine b dye by active carbon from durian shell (*Durio zibethinus*). *Ind. J. Chem*, hal. 116-121.
[16]. Lestari, I., Prasetyo, E. dan Gusti. D. R. 2020. Penggunaan Karbon Aktif Magnetit-Fe3O4 Sebagai Penyerap Zat Warna *Remazol Yellow*., Vol 1:32
[17]. Hartanto, S. dan Ratnawati., 2010, Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa Sawit dengan Metode Aktivasi Kimia, 12:13.
[18]. Istiana S, Jumaeri, dan Prasetya A.T. 2020. Preparasi Arang Aktif Trembesi Magnetit untuk Adsorpsi Senyawa Tannin dalam Limbah Cair. *J. Chem. Sci.* Vol 9: 19.
[19]. Nandiyanto, dkk, 2019 Nandiyanto, A.B.D., Oktiani, R. & Ragadhita, R. 2019. How to Read and Interpret FTIR Spectroscope of Organic Material. *Journal of Science & Technology*, Volume 4 Issue 1. 2019.

[20]. Meilianti 2017. Karakteristik karbon aktif dari cangkang buah karet menggunakan aktivator H_3PO_4. Distilasi **2**(2):1-9
[21]. Khairani, dkk, 2015 Khairani, F, Itnawati, dan Bali S, 2015, Potensi Arang Aktif Dari Limbah Tulang Kambing Sebagai Adsorben Ion Besi (III), Kadmium (II), Klorida dan Sulfat Dalam Larutan. Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau, Riau.
[22]. Ernawati., Iftah, M., Irin, U., Priscilla, N. P., Wahyu, N dan Sri, L. (2021). Adsorpsi Metilen Biru dengan Menggunakan Arang Aktif Ampas Kopi. *Jurnal Kimia*. 1(1) : 173-179.
[23]. Nitsae M, Hartini R. L. Solle1,Serliani M. Martinus1, Imanuel J. Emola2. (2021). Studi Adsorpsi Metilen Biru Menggunakan Arang Aktif Tempurung Lontaqr (*Borassus flabellifer* L.) Asal Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Kimia Riset, Volume 6 No.1*
[24]. Agnestisia R. 2017. Sintesis dan Karakterisasi Magnetit (Fe3O4) serta Aplikinya sebagai Adsorben Methylene Blue . *Sains dan Terapan Kimia*, Vol. 11, No. 2, 61 – 70
[25]. Hajar E.W.I, , Sitorus R. S., Mulianingtias N., Welan F.J. (2016). Efektivitas Adsorpsi Logam Pb^{2+} dan Cd^{2+} Menggunakan Media Adsorben Cangkang Telur Ayam . *Konversi, Volume 5 No. 1*
[26]. Ho, Y.S., McKay, G., 1999. Pseudo-second order model for sorption processes. Process Biochem. 34, 451–465.