

**SEMINAR NASIONAL  
TEKNIK KIMIA “KEJUANGAN”  
2017**

***Pengembangan Teknologi Kimia  
untuk Pengolahan Sumber Daya  
Alam Indonesia***

**13 April 2017**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI  
UPN “VETERAN” YOGYAKARTA**



**PROSIDING**



ISSN 1693-4393

**PROSIDING  
SEMINAR NASIONAL  
TEKNIK KIMIA “KEJUANGAN” 2017**

*Pengembangan Teknologi Kimia untuk  
Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*

**Yogyakarta, 13 April 2017**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNI K INDUSTRI  
UPN “VETERAN” YOGYAKARTA  
2017**



**PROSIDING  
SEMINAR NASIONAL  
TEKNIK KIMIA “KEJUANGAN” 2017**

*Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan  
Sumber Daya Alam Indonesia  
Yogyakarta, 13 April 2017*

Hak Cipta ada pada Jurusan Teknik Kimia  
Fakultas Teknik Industri UPN “Veteran” Yogyakarta  
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara) Condongcatur, Yogyakarta (55283)

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh buku ini atau diperbanyak dengan tujuan komersial dalam bentuk apapun tanpa seijin Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Industri UPN “Veteran” Yogyakarta, kecuali untuk keperluan penulisan artikel atau karangan ilmiah dengan menyebutkan buku ini sebagai sumber.

Cetakan I : Mei 2017

ISSN 1693-4393





- I06** **Ester Asam Karboksilat Dan Isopropil Alkohol Untuk Bahan Dasar Biopelumas**  
*Mahreni\**, *Faizah Hadi*, *Renung Reningtyas*, *Gemal Kurniawan*, *Maulana Fahdlurahman Al Abdillah*  
Program Studi Teknik Kimia S-1, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, UPN "Veteran" Yogyakarta  
Jl. SWK 104 (Ringroad utara) Condong catur, Yogyakarta  
[renungreningtyas@yahoo.com](mailto:renungreningtyas@yahoo.com)
- I07** **Fuel Grade Ethanol Production by Batch Distillation Using Ternary Components**  
*I Gusti S Budiawan*, *Tjukup Marnoto*, *Chintya Rizki Hapsari*, dan *Risqi Angga Yudha Prakosa*  
Program Studi Teknik Kimia S-1, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, UPN "Veteran" Yogyakarta  
Jl. SWK 104 (Ringroad utara) Condong catur, Yogyakarta  
[chintyarizkihapsari@gmail.com](mailto:chintyarizkihapsari@gmail.com)

#### J. Analisis Resiko

- | Kode       | Judul, Penulis dan Alamat  |
|------------|--|
| <b>J01</b> | <b>Penentuan Chemicals Kritis pada Industri Migas Menggunakan Analisis ABC (Studi Kasus pada PetroChina Internatioal Jabung Ltd.)</b><br><i>Eka Febriani*</i> dan <i>Nur Indrianti</i><br>Jurusan Teknik Industri, FTI, UPN "Veteran" Yogyakarta<br>Jl. Babarsari 2, Tambakbayan, Yogyakarta 55281<br><a href="mailto:ekafebriani_s@yahoo.co.id">ekafebriani_s@yahoo.co.id</a>   |
| <b>J02</b> | <b>Life Cycle Assessment Proses Produksi Pulp dari Kayu Akasia (Studi Kasus: PT Tanjungenim Lestari)</b><br><i>Nur Indrianti</i> <sup>1*</sup> , <i>Nyayu Ferlina Widya Ningsih</i> <sup>2</sup> , dan <i>Partoyo</i> <sup>3</sup><br><sup>1,2*</sup> Program Studi Teknik Industri, UPN "Veteran" Yogyakarta, Jl. Babarsari 2, Tambakbayan, Yogyakarta 55281<br><sup>3</sup> Program Studi Agroteknologi, UPN "Veteran" Yogyakarta, Jl. SWK 104, Condongcatur, Yogyakarta 55283<br><sup>1*</sup> E-mail: <a href="mailto:n.indrianti@upnyk.ac.id">n.indrianti@upnyk.ac.id</a> |
| <b>J03</b> | <b>Strategi Pengendalian Persediaan Gas Acetylene pada Industri Migas (Studi Kasus pada PetroChina International Jabung Ltd.)</b><br><i>Nur Indrianti</i> <sup>1*</sup> dan <i>Fajar Maulana Wijayanto</i> <sup>2</sup><br><sup>1,2*</sup> Program Studi Teknik Industri, FTI, UPN "Veteran" Yogyakarta, Jl. Babarsari 2, Tambakbayan, Yogyakarta 55281<br><sup>*</sup> E-mail: <a href="mailto:n.indrianti@upnyk.ac.id">n.indrianti@upnyk.ac.id</a>   |

#### K. Teknik Produk

- | Kode       | Judul, Penulis dan Alamat   |
|------------|---|
| <b>K01</b> | <b>Penggunaan Mordan Akhir Terusi Terhadap Hasil Celupan Kain Batik Dengan Ekstrak Kayu Secang</b><br><i>Dwi Suheryanto</i><br>Balai Besar Kerajinan dan Batik<br>Jl Kusumanegara 7 Yogyakarta 55166. Telp. (0274) 546111 Fax (0274) 543582.<br>Email : <a href="mailto:pringgading04@yahoo.com">pringgading04@yahoo.com</a>  |
| <b>K02</b> | <b>Synthesis Of Palm Oil Based Nano Carbon Using Nebulized Spray Pyrolysis</b><br><i>Arenst Andreas*</i> , <i>Hans Kristianto</i> , <i>Nicholas Orlando</i> and <i>Windy Wilianti</i><br>Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan Bandung<br>Jl. Ciumbuleuit 94 Bandung, <a href="mailto:arenst@yahoo.com">arenst@yahoo.com</a> |





- K03**      **Synthesis Of Salacca Peel Based Activated Carbons Using Microwave Induced ZnCl<sub>2</sub> Activation**  
*Jessica Atin, Christiandi Arifin, Arenst Andreas\* dan Hans Kristianto*  
Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan Bandung  
Jl. Ciumbuleuit 94 Bandung.  
[arenst@yahoo.com](mailto:arenst@yahoo.com)
- K04**      **Curcumin Micronization from Temulawak (Curcuma xanthorrhiza) Extract Using Supercritical CO<sub>2</sub> as Anti-Solvent**  
*T.W. Christy, S. Showiantari, S. Winardi\* and S. Machmudah*  
Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya  
Kampus ITS Keputih, Surabaya 60111  
[swinardi@chem-eng.its.ac.id](mailto:swinardi@chem-eng.its.ac.id)
- K05**      **The Effect of pH to Drying Process of Colloidal Silica Using Flame Spray Combustor**  
*A.Y. Retnaningtyas, R.R. Hidayat<sup>1</sup>, Widiyastuti and S. Winardi\**  
Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya  
Kampus ITS Keputih, Surabaya 60111  
[swinardi@chem-eng.its.ac.id](mailto:swinardi@chem-eng.its.ac.id)
- K06**      **Pengaruh Penambahan Carboxymethyl Cellulose (CMC) dan Gelatin sebagai Bahan Pengikat pada Pembuatan Tablet Kulit Manggis (Garcinia Mangostana L)**  
*Ahmad Shobib<sup>1</sup>, MF. Sri Mulyaningsih<sup>2</sup>, Ery Fatarina<sup>3</sup>*  
Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Semarang  
Bendan Duwur, Semarang  
E-mail: [ahmadshobib@gmail.com](mailto:ahmadshobib@gmail.com); [mariafsm61@gmail.com](mailto:mariafsm61@gmail.com)
- K07**      **The influence of glycerol as plastisizer in physical properties of bioplastic from bread fruit starch**  
*Lulu Nurdini I<sup>1</sup>\*, Dini Holipah, dan Rida Magfira Maulidina*  
<sup>1\*</sup>Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Achmad Yani, Jl. Ters.  
Jenderal Sudirman PO BOX 148 Cimahi, Bandung  
E-mail: [lulunurdini@gmail.com](mailto:lulunurdini@gmail.com)
- K08**      **Pembuatan Edibel Film sebagai Zat Pemplastik dari Pati Ubi Kayu dengan Penambahan Sorbitol**  
*MF. Sri Mulyaningsih<sup>1</sup>, Ery Fatarina<sup>2</sup>, Ahmad Shobib<sup>3</sup>*  
Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Semarang  
Bendan Duwur, Semarang  
Email : [mariafsm61@gmail.com](mailto:mariafsm61@gmail.com)



## Synthesis of Salacca Peel Based Activated Carbons Using Microwave Induced $ZnCl_2$ Activation

Jessica Atin, Christiandi Arifin, Hans Kristianto and Arenst Andreas\*

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Katolik Parahyangan, Ciumbuleuit 94 Bandung 40141

\*E-mail: arenst@unpar.ac.id

### Abstract

In this research, snake fruit (salacca) peel based activated carbons were prepared by  $ZnCl_2$  activation using microwave heating method. By using microwave heating, it is expected that the energy consumption in the activation process will be more efficient than that obtained by conventional heating. The effects of mass ratio of snake fruit peel to  $ZnCl_2$  (1:2 and 1:4), microwave power (130 watt, 230 watt, 380 watt, 540 watt, and 700 watt), and microwave radiation time (5, 15, 20, and 25 minutes) on the characteristics of activated carbons were investigated in detail. Activated carbons with BET surface area of  $1796 \text{ m}^2/\text{g}$  were obtained at mass ratio of snake fruit peel to  $ZnCl_2$  of 1:4, microwave power of 540 watt, and 25 minutes of radiation time. Activated carbons were then used for adsorption of Cu(II) metal ions with initial concentration variations of 100, 150, 200, 250, and 300 ppm. Isotherm models used were Langmuir and Freundlich. From adsorption process, it was found that Langmuir model fitted experiment data well, with maximum adsorption capacity of  $1262.62 \text{ mg Cu}^{2+}/\text{g}$  activated carbons. Kinetic model that were studied were pseudo first order, pseudo second order, and intraparticle diffusion mechanism. It was found that kinetic data followed well the pseudo second order model.

**Keywords:** activated carbon, snake fruit peel,  $ZnCl_2$  chemical activation, microwave, heavy metal Cu (II)

### Pendahuluan

Adsorpsi adalah kontak yang melibatkan fasa padatan dengan fluida (cair atau gas) sehingga terjadi perpindahan massa dari fasa fluida ke padatan (Treybal, 1981). Dalam adsorpsi melibatkan adsorben dan adsorbat. Salah satu jenis adsorben yang banyak digunakan adalah karbon aktif. Karbon aktif merupakan karbon dengan bentuk yang tidak beraturan yang memiliki luas permukaan yang besar, porositas yang tinggi, kemampuan penyerapan yang tinggi (Makeswari, et al., 2012). Karbon aktif yang diinginkan adalah karbon aktif yang mengandung volume mikropori yang besar dengan distribusi ukuran pori yang tepat agar dapat menyerap molekul dengan ukuran yang berbeda (Marsh, et al., 2006). Selain itu karbon aktif harus memiliki kestabilan termal dan reaktivitas yang rendah pada asam/basa (Hesas, et al., 2013). Pada saat ini, karbon aktif digunakan sebagai adsorben dalam pengolahan air limbah, pemurnian air minum, penghilangan bau, warna, rasa zat organik/anorganik, dan *catalyst supports* (Makeswari, et al., 2012; Zhang, et al., 2013; Hesas, et al., 2013; Bansal, et al., 2005).

Dalam penelitian ini, digunakan kulit salak sebagai *precursor*. Sintesis karbon aktif dari kulit salak telah dilakukan sebelumnya, namun pemanasan yang digunakan adalah pemanasan konvensional. Hasil sintesis karbon aktif dari kulit salak pada penelitian yang pernah dilakukan disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil Sintesis Karbon Aktif dari Kulit Salak dengan Pemanasan Konvensional

Impregan	Kondisi (rasio ; temperatur (°C))	$S_{BET}$ ( $\text{m}^2/\text{g}$ )	Referensi
KOH	1:4, 800	1939	(Vincent, et al., 2015)
$ZnCl_2$	1:4, 700	1437,97	(Tanumiharja, et al., 2015)
$H_3PO_4$	1:4, 600	691,59	(Angela, et al., 2015)
$K_2CO_3$	1:2, 800	888,9	(Andreas, et al., 2015)

Pemanasan konvensional menyebabkan terjadinya thermal gradient sehingga dibutuhkan waktu pemanasan yang lebih panjang dan menyebabkan konsumsi energi yang tidak efektif (Hesas, et al., 2013; Hesas, et al., 2013). Berdasarkan penelitian, telah dilakukan sintesis karbon aktif dari biomassa menggunakan metode lain, yaitu menggunakan pemanasan *microwave*. Dengan menggunakan pemanas *microwave* dalam produksi karbon aktif, terdapat beberapa keuntungan dibandingkan dengan metode konvensional seperti karbon aktif yang dihasilkan seragam dan homogen, penggunaan energi lebih efisien sehingga mengurangi biaya produksi, waktu proses



pembentukan karbon aktif lebih singkat, peralatan operasi yang lebih kecil, dapat diterapkan pada berbagai skema reaksi, meningkatkan yield, dan produk hasil yang lebih bersih (Hesas, et al., 2013; Zaini, et al., 2013; Hayes, 2002). Melalui pemanasan dengan *microwave*, energi diubah menjadi panas secara langsung pada bagian dalam sampel melalui *dipole rotation* dan *ionic conduction* sehingga *thermal gradient* dapat dikurangi (Zhang, et al., 2013; Zaini, et al., 2013).

Aktivasi yang digunakan pada penelitian ini adalah aktivasi kimia senyawa  $ZnCl_2$ . Pada proses karbonisasi,  $ZnCl_2$  akan membatasi/ mengurangi pembentukan tar dengan menggantikannya menjadi pembentukan karbon padat, setelah karbonisasi  $ZnCl_2$  masih terdapat didalam partikel sehingga dibutuhkan proses pencucian untuk menghilangkan  $ZnCl_2$  tersebut yang menghasilkan porositas. Pencucian setelah karbonisasi dilakukan dengan menggunakan HCl dan air distilasi untuk menghilangkan  $ZnCl_2$  yang menempati pori – pori karbon aktif sehingga menghasilkan karbon dengan porositas tertentu (Rodriguez-Reinoso, 2002).

## Metode Penelitian

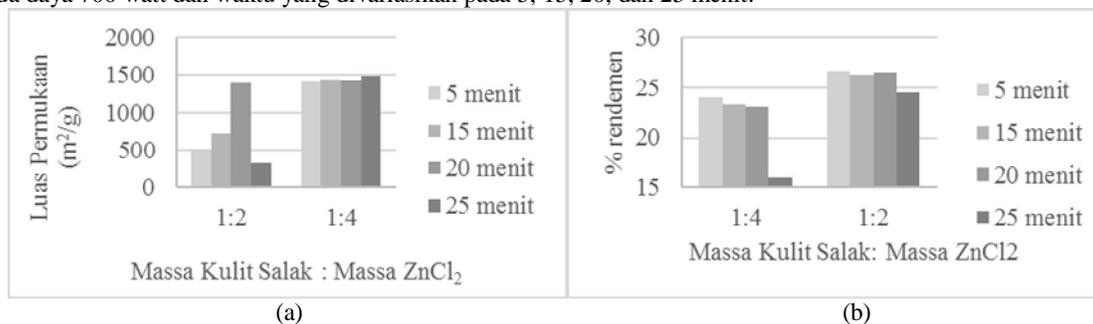
Penelitian ini dibagi menjadi tiga tahap utama yaitu sintesis karbon aktif, analisa BET, dan proses adsorpsi logam berat tembaga (II). Pada tahap sintesis kulit salak dibagi menjadi dua tahap yaitu tahap persiapan awal kulit salak dan tahap aktivasi karbonisasi secara simultan. Persiapan kulit salak dilakukan dengan pencucian, pembilasan, pengeringan, penghalusan, dan pengayakan. Selanjutnya dilakukan tahap aktivasi dan karbonisasi secara simultan. Langkah awal yang dilakukan adalah dengan membuat larutan  $ZnCl_2$  dengan konsentrasi 15%-w, setelah itu larutan  $ZnCl_2$  dicampurkan dengan kulit salak pada rasio tertentu. Campuran kemudian dikeringkan dalam oven, hasil pengeringan dimasukkan dalam reaktor quartz dan reaktor tersebut dimasukkan ke dalam *microwave* yang telah dimodifikasi dan dilakukan pengaliran gas  $N_2$ . Pemanasan dilakukan pada daya dan waktu yang divariasikan sehingga diperoleh karbon aktif. Karbon aktif yang dihasilkan selanjutnya digerus dengan menggunakan mortar. Setelah itu dilakukan pencucian dengan menggunakan HCl dan air distilasi hingga pH air pencuci mendekati pH aquadest kemudian dilakukan pengeringan. Karbon aktif hasil pencucian ditimbang untuk mengetahui perolehan karbon aktif.

Karbon aktif selanjutnya dianalisa dengan analisa BET untuk mengetahui luas permukaan karbon aktif yang dihasilkan. Karbon aktif dengan luas permukaan tertinggi akan diaplikasikan dalam adsorpsi logam berat tembaga (II). Pada proses adsorpsi dilakukan variasi konsentrasi awal sebesar 100, 150, 200, 250, dan 300 ppm. Pengukuran konsentrasi logam berat dilakukan dengan menggunakan instrumen spektrofotometer UV-Vis. Data proses adsorpsi digunakan untuk menentukan model dan parameter *isotherm* adsorpsi dan kinetika adsorpsi.

## Hasil dan Pembahasan

### Sintesis Karbon Aktif

Rasio massa kulit salak : massa  $ZnCl_2$  berpengaruh terhadap luas permukaan dan perolehan karbon aktif yang dihasilkan. Kondisi ini ditinjau dengan mengamati perbedaan rasio massa kulit salak : massa  $ZnCl_2$  (1:2 dan 1:4) pada daya 700 watt dan waktu yang divariasikan pada 5, 15, 20, dan 25 menit.



**Gambar 1.** Pengaruh rasio impregnasi dan waktu (a) terhadap luas permukaan (b) terhadap % rendemen

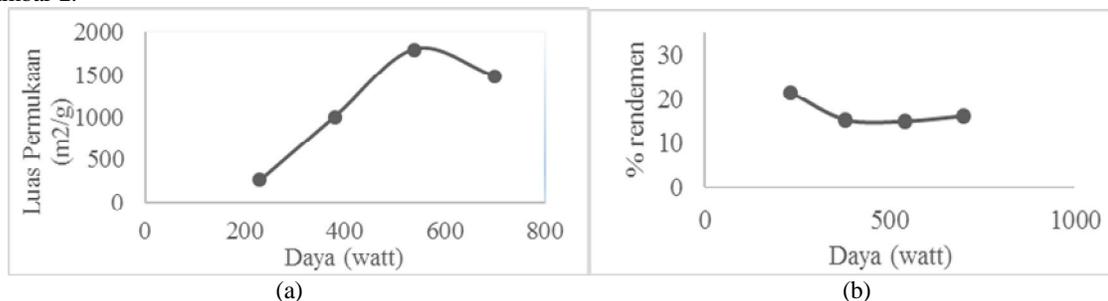
Dari Gambar 1a. dapat dilihat secara jelas bahwa pada penggunaan rasio massa kulit salak : massa  $ZnCl_2$  1:4 diperoleh luas permukaan yang lebih besar dibandingkan pada rasio massa kulit salak : massa  $ZnCl_2$  1:2. Hal ini diduga disebabkan karena semakin besar rasio yang digunakan maka jumlah  $ZnCl_2$  sebagai aktivator akan semakin banyak, semakin banyak jumlah  $ZnCl_2$  yang digunakan maka semakin banyak pula  $ZnCl_2$  yang menempati pori – pori karbon aktif sehingga setelah pencucian diperoleh pori yang semakin banyak dan luas permukaan yang semakin besar. Hasil ini memiliki kecenderungan yang sama dengan hasil yang diperoleh oleh Deng (2009) bahwa semakin meningkatnya rasio *impregnant* (g  $ZnCl_2$  : g precursor) maka akan menyebabkan semakin banyak komponen *volatil* yang menguap dan menyebabkan pembentukan pori yang semakin banyak sehingga meningkatkan luas permukaan karbon aktif yang dihasilkan (Deng, et al., 2009).

Dari Gambar 1b. dapat diamati bahwa pada penggunaan rasio massa kulit salak : massa  $ZnCl_2$  1:4 diperoleh % rendemen yang lebih kecil dibandingkan pada rasio massa kulit salak : massa  $ZnCl_2$  1:2. Hal ini diduga disebabkan karena semakin besar rasio yang digunakan maka jumlah  $ZnCl_2$  sebagai aktivator akan semakin banyak, semakin banyak jumlah  $ZnCl_2$  maka pori yang terbentuk pada karbon akan semakin banyak dimana  $ZnCl_2$  akan menyebabkan komponen volatil yang menyusun karbon banyak menguap sehingga mengurangi massa karbon dan menurunkan perolehan karbon.  $ZnCl_2$  berperan sebagai *dehydration agent* yang menghambat pembentukan tar ataupun cairan yang menutupi pori. (Deng, et al., 2009) Hal ini mengakibatkan pergerakan komponen volatil melewati pori tidak terhalang sehingga komponen volatil akan dilepaskan dari permukaan karbon aktif selama aktivasi yang mengakibatkan terjadinya penurunan yield (Hesas, et al., 2013; Lua, et al., 2005; Makeswari, et al., 2012; Deng, et al., 2009).

Dari Gambar 1a. dengan menggunakan rasio 1:2 dapat diperhatikan pengaruh waktu terhadap luas permukaan karbon yang dihasilkan. Pada rasio 1:2 dengan daya 700 watt, semakin lama waktu pemanasan, maka akan menyebabkan meningkatnya luas permukaan karbon aktif yang dihasilkan. Namun pada kondisi melebihi waktu optimum (20 menit), terjadi penurunan luas permukaan yang signifikan. Hasil penelitian ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Zhong (2012) dimana semakin panjang waktu pemanasan maka pori yang terbentuk akan semakin banyak dan meningkatkan kapasitas adsorpsi (Zhong, et al., 2012). Namun menurut Li (2008), apabila waktu radiasi *microwave* melebihi batas tertentu maka pori yang terbentuk pada karbon akan menjadi terbakar sehingga menurunkan kapasitas adsorpsi (Li, et al., 2008). Menurut Lua (2005), apabila waktu pemanasan melebihi waktu optimum akan menyebabkan tertutupnya pori yang telah terbentuk (Lua, et al., 2005).

Berdasarkan Gambar 1b, semakin lama waktu radiasi *microwave* mengakibatkan terjadinya penurunan perolehan karbon aktif, baik pada rasio 1:2 maupun rasio 1:4. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu pemanasan maka komponen volatil penyusun karbon yang menguap akan semakin banyak dan pori yang terbentuk semakin banyak sehingga perolehan karbon menjadi lebih sedikit. Hasil penelitian ini sesuai dengan teori dimana semakin bertambahnya waktu yang melebihi batas tertentu, maka terjadi penurunan perolehan dari karbon aktif (Deng, et al., 2009). Menurut Lua (2005) semakin lama waktu yang digunakan untuk karbonisasi, maka akan menyebabkan lebih banyaknya komponen volatil yang menguap dan menyebabkan penurunan perolehan (Lua, et al., 2005).

Variasi daya *microwave* mempengaruhi luas permukaan dan perolehan karbon aktif yang dihasilkan. Kondisi ini ditinjau dengan melakukan variasi terhadap daya yang digunakan pada rasio massa kulit salak : massa  $ZnCl_2$  sebesar 1:4 dan waktu pemanasan 25 menit. Pengaruh daya *microwave* terhadap luas permukaan dan % rendemen pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh daya microwave (a) terhadap luas permukaan (b) terhadap %rendemen

Dari Gambar 2a. dapat dilihat secara jelas bahwa semakin besar daya yang digunakan maka luas permukaan mengalami peningkatan. Namun apabila melebihi daya optimum, maka akan terjadi penurunan luas permukaan. Dari hasil penelitian, diperoleh bahwa daya optimum sebesar 540 watt. Hasil penelitian ini sesuai dengan hasil yang diperoleh oleh Zhong (2012) pada penelitian sintesis karbon aktif dari kulit kacang dimana apabila temperatur yang digunakan semakin tinggi (yang disebabkan karena penggunaan daya yang semakin besar) maka akan menyebabkan terbentuknya pori yang semakin banyak, namun apabila melebihi kondisi optimum akan menyebabkan penurunan luas permukaan dan pori yang terbentuk semakin sedikit yang diakibatkan karena pori yang terbentuk pada karbon aktif membesar atau terbakar pada daya yang melewati daya optimum (Makeswari, et al., 2012; Zhong, et al., 2012).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Mohanty, Mousam, Meikap, dan Biswas (2005) menunjukkan pada penggunaan temperatur karbonisasi yang rendah, dihasilkan luas permukaan karbon aktif yang rendah. Hal ini karena pada penggunaan temperatur yang rendah, panas yang diberikan tidak mampu menguapkan komponen volatil yang dibutuhkan dalam pembentukan pori (Mohanty, et al., 2005). Dengan meningkatkan temperatur, maka akan menaikkan *solid density* dari karbon aktif karena terjadi pelepasan komponen volatil dan meningkatkan kandungan karbon (Lua, et al., 2005), selain itu dengan meningkatkan temperatur maka akan semakin banyak *active site* dan pori yang terbentuk (Makeswari, et al., 2012). Pada penggunaan temperatur yang lebih tinggi, akan terjadi penurunan luas permukaan karena terjadi efek sintering (Lua, et al., 2005; Liou, 2010; Mohanty, et al., 2005).

Berdasarkan Gambar 2b. dapat diamati bahwa semakin besar daya yang digunakan maka perolehan karbon aktif cenderung menurun. Hal ini disebabkan karena semakin besar daya yang diberikan akan mengakibatkan pembentukan pori yang semakin banyak sehingga volume lowong dalam karbon aktif akan semakin banyak yang menyebabkan terjadinya penurunan perolehan karbon aktif. Hasil ini didukung oleh teori yang dikemukakan oleh Deng (2009), yaitu semakin besar daya yang digunakan maka pori yang terbentuk akan semakin banyak, namun ketika melebihi batas daya tertentu, kelebihan energi akan mengakibatkan sejumlah karbon terbakar dan struktur pori menjadi rusak (Deng, et al., 2009). Selain itu, penurunan perolehan akan semakin meningkat seiring dengan peningkatan temperatur. Menurut Hesas (2013), penurunan perolehan akan terjadi pada penggunaan daya *microwave* yang lebih tinggi karena terdapatnya pori yang terbakar, pelebaran pori, serta tar dan komponen volatil terlepas dengan lebih cepat sehingga meningkatkan *weight loss* (Hesas, et al., 2013).

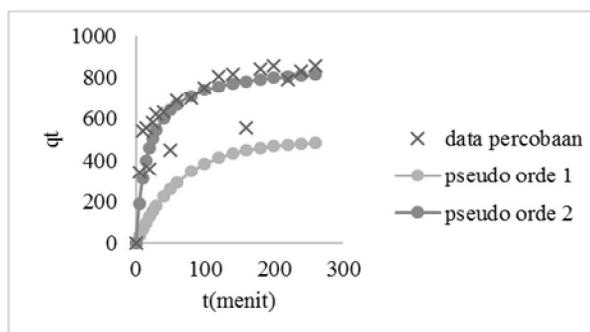
### Proses Adsorpsi

Dalam penelitian ini, karbon aktif yang dihasilkan selanjutnya diaplikasikan dalam penyerapan logam Cu (II). Karbon aktif yang digunakan untuk penyerapan logam Cu adalah karbon aktif dengan luas permukaan terbaik yaitu 1796,788 m<sup>2</sup>/g yang diperoleh pada kondisi rasio massa kulit salak : massa ZnCl<sub>2</sub> sebesar 1:4, daya *microwave* 540 watt, dan waktu radiasi 25 menit. Hasil parameter isothermal setiap model seperti yang disajikan pada Tabel 2. Dari Tabel 2. tampak bahwa dari kedua model isothermal yang paling sesuai adalah model isothermal Langmuir dengan nilai q<sub>m</sub> sebesar 1262,62 m<sup>2</sup>/g.

**Tabel 2.** Parameter Model Adsorpsi Isothermal

Isothermal Langmuir			
Adsorben	Q <sub>m</sub> (mg logam Cu <sup>2+</sup> /g KA)	K <sub>a</sub> (L/mg logam Cu <sup>2+</sup> )	R <sup>2</sup>
Karbon Aktif	1262,62	0,0216	0,9912
Isothermal Freundlich			
Adsorben	K <sub>f</sub>	N	R <sup>2</sup>
Karbon Aktif	239,44	3,645	0,9739

Kinetika adsorpsi menggambarkan laju proses adsorpsi yang terjadi. Setelah melakukan penghitungan parameter isothermal adsorpsi, lalu dilakukan pengamatan terhadap kinetika adsorpsi. Uji kuantitatif berupa parameter – parameter kinetika diperoleh dengan pengolahan data menggunakan model kinetika adsorpsi. Terdapat dua model kinetika yang sering digunakan untuk menguji proses adsorpsi yaitu model pseudo orde-1 dan pseudo orde- 2. Parameter-parameter dari kedua model kinetika tersebut didapat dengan mengalirkan grafik antara kapasitas karbon aktif terhadap waktu.



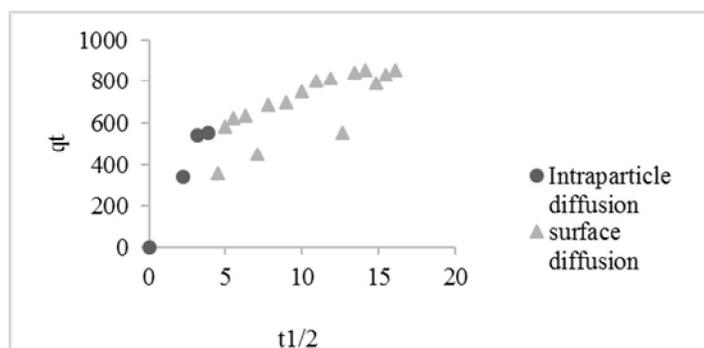
**Gambar 3.** Grafik Perbandingan Model Pseudo Orde Satu dan Dua dengan Data Percobaan pada Konsentrasi Awal 150 ppm

**Tabel 3.** Nilai Parameter Kinetika Pseudo Orde -1 dan Pseudo orde-2

Konsentrasi	Pseudo Orde 1			Pseudo orde 2		
	k1	Qe	R <sup>2</sup>	k2	qe	R <sup>2</sup>
100 ppm	0.011515	433.01206	0.6519	0.0000624	769.231	0.9735
150 ppm	0.0149695	495.2220801	0.6565	0.0000646	869.565	0.9469
200 ppm	0,01197	596,4856	0,7403	0.000043	988,1423	0,9687
250 ppm	0.0110544	354.2419583	0.5239	0.0001118	1009.082	0.9499
300 ppm	0.0175028	526.0172664	0.5879	0.0001136	1021.450	0.9662

Nilai parameter model kinetika ditampilkan pada Tabel 3 dan grafik perbandingan model kinetika disajikan pada Gambar 3 dimana dapat disimpulkan dari penentuan kinetika adsorpsi melalui pengaluran grafik, model kinetika adsorpsi yang paling cocok adalah model kinetika pseudo orde-2 karena lebih mendekati data percobaan dibanding model kinetika pseudo orde-1. Pada model pseudo orde dua diperoleh dua parameter, yaitu kapasitas adsorpsi teoritis ( $q_{e_{te0}}$ ) dan laju adsorpsi  $k_2$ . Pada penggunaan larutan logam tembaga (II) yang semakin pekat dengan jumlah karbon aktif yang tetap, akan menghasilkan  $k_2$  yang cenderung semakin besar. Hal tersebut dapat terjadi karena perbedaan konsentrasi yang semakin besar sehingga *driving force* semakin besar mempercepat laju adsorpsi (Chen, 2015).

Apabila dilakukan pengamatan terhadap nilai  $q_{e_{te0}}$  pada Tabel 3. maka diperoleh kecenderungan pada saat konsentrasi awal meningkat, kapasitas adsorpsi juga akan meningkat. Hal tersebut sesuai dengan teori mengenai *driving force* yang besar menyebabkan transfer massa yang semakin besar, sehingga memungkinkan kapasitas adsorpsi yang semakin besar juga (Al Bahri, 2012).



Gambar 4. Grafik Difusi Intrapartikel pada Konsentrasi Awal 150 ppm

Tabel 4. Parameter Difusi Intrapartikel

Konsentrasi	Parameter	Karbon Aktif Penelitian ini	
		Bagian 1	Bagian 2
100 ppm	Ki	94,605	25,267
	C	22,726	315,510
	R <sup>2</sup>	0,974	0,669
150 ppm	Ki	152,060	30,047
	C	7,586	386,900
	R <sup>2</sup>	0,977	0,609
200 ppm	Ki	171,440	36,799
	C	12,522	359,690
	R <sup>2</sup>	0,981	0,728
250 ppm	Ki	226,500	19,458
	C	65,591	702,140
	R <sup>2</sup>	0,923	0,311
300 ppm	Ki	190,100	24,448
	C	38,446	646,410
	R <sup>2</sup>	0,961	0,449

Perhitungan pendekatan model kinetika pseudo tidak menjelaskan proses mekanisme adsorpsi. Mekanisme kinetika adsorpsi dipengaruhi oleh dua jenis difusivitas yaitu, *surface diffusion* dan *intraparticle diffusion*. Mekanisme difusi yang terjadi dibagi menjadi dua tahap dimana ketika tahap awal terjadi kenaikan yang cukup besar yang memberikan gradien konsentrasi yang besar, kemudian semakin lama gradien yang dihasilkan semakin landai yang menunjukkan bahwa *site* aktif tempat melekatnya adsorbat sudah mulai berkurang dan semakin sedikit (Makeswari, 2012).

Pada Tabel 4 dan Gambar 4 dapat dilihat bahwa nilai gradien yang besar pada tahap awal merupakan *intraparticle diffusion* yang berlangsung sangat cepat karena terjadi perpindahan massa dari fasa *bulk* menuju

permukaan adsorben yang kemudian akan melambat karena *driving force* yang mulai habis, sehingga gradien yang terbentuk juga akan semakin mengecil (Junior, et al., 2014). Apabila dilakukan perbandingan antara gradien yang terbentuk pada karbon aktif penelitian ini menghasilkan kesimpulan bahwa konstanta laju difusi intrapartikel ( $K_i$ ) pada bagian 1 lebih besar dari bagian 2.

### Kesimpulan

Karakteristik karbon aktif pada Kondisi optimum (rasio massa kulit salak:massa  $ZnCl_2$  sebesar 1:4, daya 540 watt, dan waktu 25 menit) memiliki luas permukaan sebesar 1796,788  $m^2/g$  dengan rendemen sebesar 14,78%. Model *isotherm* adsorpsi yang paling sesuai adalah model *isotherm* adsorpsi Langmuir dengan kapasitas adsorpsi ( $q_m$ ) sebesar 1262,62 mg  $Cu^{2+}/mg$  karbon aktif. Model kinetika adsorpsi yang paling sesuai adalah model kinetika pseudo orde 2.

### Daftar Pustaka

- Al Bahri, L. C. M. A. G., 2012. Activated carbon from grape seeds upon chemical activation with phosphoric acid
- Andreas, A., Purtanto, A. dan Sabatini, T. C., 2015. Sintesis Karbon Aktif dari Kulit Salak dengan Aktivasi  $K_2CO_3$  sebagai Adsorben Larutan Zat Warna Metilen Biru.
- Angela, M., Andreas, A. dan Putranto, A., 2015. Sintesis Karbon Aktif dari Kulit Salak dengan Aktivasi  $H_3PO_4$  sebagai Adsorben Larutan Zat Warna Metilen Biru.
- Chen, Congjin, Zhao, P., Li, Z.; Tong, Z., 2015. Adsorption behavior of chromium(VI) on activated carbon from eucalyptus sawdust prepared by microwave-assisted activation with  $ZnCl_2$ .
- Deng, H., Yang, L., Tao, G. dan Dai, J., 2009. Preparation and characterization of activated carbon from cotton stalk by microwave assisted chemical activation: application in methylene blue adsorption from aqueous solution. *Journal of Hazardous Material*, Volume 166, pp. 1514-1521.
- Hesas, R., Arami-Niya, A., Daud, W. dan Sahu, J., 2013. Preparation of granular activated carbon from oil palm shell by microwave-induced chemical activation: Optimisation using surface response methodology.
- Hesas, R. H., Arami-Niya, A., Daud, W. dan Sahu, J. N., 2013. Comparison of Oil Palm Shell-Based Activated Carbon Produced by Microwave and Conventional Heating Methods Using Zinc Chloride Activation. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, Volume 104, p. 176-184.
- Hesas, R. H., Daud, W., Sahu, J. N. dan Arami-Niya, A., 2013. The Effect of Microwave Heating Method on the Production of Activated Carbon from Agricultural Waste. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, Volume 100, pp. 1-11.
- Junior, O. et al., 2014. Synthesis of  $ZnCl_2$ -activated carbon from macadamia nut endocarp (*Macadamia integrifolia*) by microwave-assisted pyrolysis: Optimization using RSM and methylene blue adsorption. Volume 105.
- Liou, T.-H., 2010. Development of mesoporous structure and high adsorption capacity of biomass-based activated carbon by phosphoric acid and zinc chloride activation. Volume 158.
- Li, W. et al., 2008. Preparation of high surface area activated carbons from tobacco stems with  $K_2CO_3$  activation using microwave radiation. *Industrial Crops and Production*, Volume 37, pp. 341-347.
- Lua, A. C. dan Yang, T., 2005. Characteristics of activated carbon prepared from pistachio-nut shell by zinc chloride activation under nitrogen and vacuum conditions. Volume 290.
- Makeswari, M. dan Santhi, T., 2012. Optimization of Preparation of Activated Carbon from *Ricinus cuminis* Leaves by Microwave-Assisted Zinc Chloride Chemical Activation: Competitive Adsorption of Ni Ions from Aqueous Solution. *Journal of Chemistry*, Volume 2013.
- Marsh, H. dan Rodriguez-Reinoso, F., 2006. *Activated Carbon*. s.l.:Elsevier SciencedanTechnology Books.
- Mohanty, K., Jha, M., Meikap, B. dan Biswas, M., 2005. Preparation and Characterization of Activated Carbons from Terminalia Arjuna Nut with Zinc Chloride Activation for the Removal of Phenol from Wastewater. 44(11).
- Rodriguez-Reinoso, F., 2002. Carbon. In: *Handbook of Porous olid*. Weinheim: WILEY.
- Tanumiharja, R., Putranto, A. dan Andreas, A., 2015. Sintesa Karbon Aktif dari Kulit Salak dengan Aktivasi Kimia-Senyawa  $ZnCl_2$  dan Aplikasinya pada Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru.
- Treybal, R. E., 1981. *Mass-Transfer Operation*. Singapore: McGraw-Hill Book Company.
- Vincent, Putranto, A. dan Andreas, A., 2015. Sintesis Karbon Aktif dari Kulit Salak Aktivasi Kimia-Senyawa KOH sebagai Adsorben Proses Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru.
- Zaini, M. A. A. dan Kamaruddin, M. J., 2013. Critical Issue in Microwave-Assisted Activated Carbon Preparation. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, Volume 101, pp. 238-241.
- Zhang, L., Mi, M., Li, B. dan Dong, Y., 2013. Modification of Activated Carbon by Means of Microwave Heating and its Effect on the Pore Texture and Surface Chemistry. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 5(5), pp. 1791-1795.



Zhong, Z.-Y. et al., 2012. Preparation of peanut hull-based activated carbon by microwave-induced phosphoric acid activation and its application in Remazol Brilliant Blue R adsorption. *Industrial Corps and Product*, Issue 37, pp. 178-185.

