

**ADSORPSI METHYLENE BLUE MENGGUNAKAN ABU DARI SABUT  
DAN TEMPURUNG KELAPA TERAKTIVASI ASAM SULFAT**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**FALAHIYAH**  
**NIM. 10630037**



**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG  
2015**

**ADSORPSI METHYLENE BLUE MENGGUNAKAN ABU DARI SABUT DAN  
TEMPURUNG KELAPA TERAKTIVASI ASAM SULFAT**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**FALAHIYAH**  
NIM. 10630037

Diajukan Kepada:  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang  
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG  
2015**

ADSORPSI *METHYLENE BLUE* MENGGUNAKAN ABU DARI SABUT DAN  
TEMPURUNG KELAPA TERAKTIVASI ASAM SULFAT

SKRIPSI

Oleh:  
FALAHYAH  
NIM. 10630037

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:  
Tanggal: 17 Desember 2015

Pembimbing I

Pembimbing II

Eny Yulianti, M.Si  
NIP.19760611 200501 2 006

Nur Aini, M.Si  
NIPT. 20130902 2 316

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Kimia

Elok Kamilah Hayati, M.Si  
NIP. 19790620 200604 2 002

ADSORPSI *METHYLENE BLUE* MENGGUNAKAN ABU DARI SABUT DAN  
TEMPURUNG KELAPA TERAKTIVASI ASAM SULFAT

SKRIPSI

Oleh:  
FALAHYAH  
NIM. 10630037

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi  
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)  
Tanggal: 17 Desember 2015

Penguji Utama : Elok Kamilah Hayati, M.Si (.....)  
NIP. 19790620 200604 2 002

Ketua Penguji : Vina Nurul Istighfarini, M.Si (.....)  
LB. 63025

Sekretaris Penguji : Eny Yulianti, M.Si (.....)  
NIP.19760611 200501 2 006

Anggota Peguji : Nur Aini, M.Si (.....)  
NIPT. 20130902 2 316

Mengesahkan,  
Ketua Jurusan Kimia

Elok Kamilah Hayati, M.Si  
NIP. 19790620 200604 2 002

## SURAT PERNYATAAN ORISINILITAS PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Falahiyah

NIM : 10630037

Jurusan : Kimia

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Adsorpsi *Methylene blue* Menggunakan Abu Dari Sabut dan Tempurung Kelapa Teraktivasi Asam Sulfat

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 21 Desember 2015  
Yang Membuat Pernyataan,

Falahiyah  
NIM.10630037

## KATA PENGANTAR



Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Adsorpsi *Methylene Blue* menggunakan Abu dari Sabut dan Tempurung Kelapa Teraktivasi Asam Sulfat”** ini dengan baik. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada junjungan kita, Nabi Muhammad SAW yang telah membimbing kita ke jalan yang benar, yaitu jalan yang diridhai Allah SWT. Skripsi ini merupakan salah satu syarat menyelesaikan program S-1 (Strata-1) di Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.

Seiring terselesaikannya penyusunan skripsi ini, dengan penuh kesungguhan dan kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Eny Yulianti, M.Si selaku dosen pembimbing utama yang telah meluangkan waktu untuk membimbing penulis demi terselesainya skripsi ini.
2. Ibu Vina Nurul Istighfarini, M.Si selaku konsultan yang selalu memberi semangat untuk tidak pernah berhenti mencoba.
3. Ibu Nur Aini, M.Si, selaku Pembimbing Agama
4. Ibu Elok Kamilah Hayati, M.Si, selaku Penguji Utama.

Yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, dan nasehat serta bantuan materil maupun moril kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulisan skripsi ini tidak luput dari bantuan semua pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis menghaturkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Kedua orang tua dan kakak-adik tercinta yang telah memberikan perhatian, nasihat, doa, dan dukungan moril dan materil sehingga penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan.

2. Bapak Prof. Dr. H. Mudjia Rahardjo, M.Si, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Ibu Dr. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Maliki Malang.
4. Ibu Elok Kamilah Hayati, M.Si, selaku Ketua Jurusan Kimia, UIN Maliki Malang yang telah memberikan arahan dan nasehat kepada penulis.
5. Para Dosen Pengajar di Jurusan Kimia yang telah memberikan bimbingan dan membagi ilmunya kepada penulis selama berada di UIN Maliki Malang.
6. Segenap laboran dan staf administrasi kimia yang telah banyak membantu sehingga skripsi ini terselesaikan.
7. Teman-teman kimia angkatan 2010-2011 yang telah saling memotivasi dan membantu terselesainya skripsi ini.
8. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari adanya kekurangan dan keterbatasan dalam skripsi ini. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak demi penyempurnaan skripsi ini. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, 21 Desember 2015

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR PERSAMAAN</b> .....	<b>xi</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	6
1.3 Tujuan Penelitian .....	7
1.4 Batasan Masalah .....	7
1.5 Manfaat Penelitian .....	7
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Pemanfaatan Abu dalam Perspektif Islam .....	8
2.2 Adsorpsi .....	13
2.3 Aktivasi Adsorben menggunakan Asam Sulfat .....	15
2.4 Abu Sabut dan Tempurung Kelapa Sebagai Adsorben <i>Methylene Blue</i> .....	19
2.5 Kesetimbangan Adsorpsi <i>Methylene Blue</i> .....	25
2.6 Karakterisasi menggunakan XRD .....	29
<b>BAB III METODOLOGI</b>	
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	32
3.2 Alat dan Bahan .....	32
3.2.1 Alat .....	32
3.2.2 Bahan .....	32
3.3 Rancangan Penelitian .....	32
3.4 Tahapan Penelitian .....	33
3.5 Prosedur Kerja ..	33
3.5.1 Preparasi Abu Sabut dan Tempurung Kelapa .....	33
3.5.2 Aktivasi dengan Penambahan Larutan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	33
3.5.3 Adsorpsi <i>Methylene Blue</i> menggunakan Abu Sabut dan Tempurung Kelapa Teraktivasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> sebagai Adsorben .....	34
3.5.3.1 Penentuan Panjang Gelombang Optimum <i>Methylene Blue</i> ..	34
3.5.3.2 Penentuan Waktu Kestabilan .....	34
3.5.3.3 Pembuatan Kurva Kalibrasi <i>Methylene Blue</i> .....	34
3.5.3.4 Variasi Waktu Kontak Adsorpsi <i>Methylene Blue</i> .....	35
3.5.3.5 Variasi pH Adsorpsi <i>Methylene Blue</i> .....	35
3.5.3.6 Variasi Dosis Adsorben Adsorpsi <i>Methylene Blue</i> .....	36

3.5.3.7 Penentuan Isotermis adsorpsi dan kapasitas adsorpsi .....	36
3.5.4 Karakterisasi Abu Sabut dan Tempurung Kelapa menggunakan XRD.....	37
<b>BAB IV PEMBAHASAN</b>	
4.1 Preparasi Abu Sabut dan Tempurung Kelapa .....	38
4.2 Aktivasi Abu dengan Penambahan Larutan Asam Sulfat .....	39
4.3 Adsorpsi <i>Methylene Blue</i> menggunakan Abu Sabut dan Tempurung Kelapa Teraktivasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> sebagai Adsorben.....	42
4.3.1 Penentuan Panjang Gelombang Optimum <i>Methylene Blue</i> .....	42
4.3.2 Penentuan Waktu Kestabilan .....	43
4.3.3 Pembuatan Kurva Baku .....	44
4.3.4 Waktu Kontak Optimum.....	46
4.3.5 pH Optimum .....	48
4.3.6 Dosis Adsorben Optimum.....	50
4.3.7 Isotermal Adsorpsi dan Kapasitas Adsorpsi .....	51
4.4 Hasil Analisa Abu Sabut dan Tempurung Kelapa menggunakan XRD .....	58
4.6 Hasil Penelitian dalam Perspektif Islam .....	63
<b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1 Kesimpulan .....	66
5.2 Saran .....	66
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>68</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN .....</b>	<b>75</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi kimia sabut kelapa .....	20
Tabel 2.2 Kandungan unsur-unsur pada abu sabut dan tempurung kelapa.....	23
Tabel 4.1 Kandungan unsur-unsur pada abu sabut dan tempurung kelapa.....	40
Table 4.2 Hasil perbandingan isoteremis adsorpsi Langmuir dan Freundlich.....	56
Table 4.3 Hasil Analisa XRD Abu sabut dan tempurung kelapa.....	59
Tabel 4.4 Parameter sel satuan pada abu sabut dan tempurung kelapa menggunakan metode <i>Le Bail</i> .....	61



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sabut dan Tempurung kelapa .....	29
Gambar 2.2 Struktur silika dalam abu.....	21
Gambar 2.3 Interaksi antara silikon dalam abu dengan MB <sup>+</sup> .....	24
Gambar 2.4 Struktur <i>methylene blue</i> .....	25
Gambar 2.5 Grafik isotermis adsorpsi Langmuir.....	27
Gambar 2.6 Model isotermis adsorpsi Langmuir.....	28
Gambar 2.7 Grafik isotermis adsorpsi Freundlich .....	28
Gambar 2.8 Prinsip kerja XRD .....	30
Gambar 2.9 Difraktogram silika dalam abu sekam padi.....	31
Gambar 4.1 Kurva hubungan antara waktu pengukuran dengan absorbansi <i>methylene blue</i> .....	44
Gambar 4.2 Kurva hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi <i>methylene blue</i> .....	45
Gambar 4.3 Kurva hubungan % <i>methylene blue</i> terserap dengan waktu kontak.....	47
Gambar 4.4 Kurva hubungan % <i>methylene blue</i> terserap dengan pH larutan ...	49
Gambar 4.5 Kurva hubungan % <i>methylene blue</i> terserap dengan dosis adsorben .....	51
Gambar 4.6 Kurva hubungan konsentrasi <i>methylene blue</i> dengan % <i>methylene blue</i> terserap .....	53
Gambar 4.7 Kurva persamaan isotermis Langmuir abu tanpa teraktivasi .....	54
Gambar 4.8 Kurva persamaan isotermis Freundlich abu tanpa teraktivasi.....	54
Gambar 4.9 Kurva persamaan isotermis Langmuir abu teraktivasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	55
Gambar 4.10 Kurva persamaan isotermis Freundlich abu teraktivasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	55
Gambar 4.11 Terjadinya gaya dipol-dipol induksi antara molekul polar dan molekul nonpolar .....	58
Gambar 4.12 Hasil analisa XRD abu sabut dan tempurung kelapa .....	59

## DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1 Keseimbangan adsorpsi .....	25
Persamaan 2.2 Isoterms Langmuir .....	27
Persamaan 2.3 Isoterms Freundlich .....	28
Persamaan 2.4 Persamaan Bragg .....	29



## ABSTRAK

Falahiyah. 2015. **Adsorpsi *Methylene Blue* Menggunakan Abu Sabut dan Tempurung Kelapa Teraktivasi  $H_2SO_4$** . Skripsi Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing I: Eny Yulianti, M.Si; Pembimbing II: Nur Aini, M.Si

---

**Kata Kunci** : Abu sabut dan tempurung kelapa, Adsorpsi, *Methylene Blue*, Isotermis adsorpsi

Telah dilakukan adsorpsi *methylene blue* menggunakan abu sabut dan tempurung kelapa dari sisa bahan bakar pada industri tahu di Kota Malang. Abu diaktivasi menggunakan  $H_2SO_4$  2%. Penentuan kondisi optimum adsorpsi *methylene blue* meliputi variasi waktu kontak, pH larutan, dan dosis adsorben. Dalam penelitian ini juga ditentukan kapasitas adsorpsi dan isotermis adsorpsi. Abu dikarakterisasi menggunakan XRD untuk mengetahui fase silika dalam abu. Hasil penelitian menunjukkan kondisi optimum untuk mengadsorpsi 50 mL *methylene blue* 13,97 mg/L adalah waktu kontak 75 menit, pH 3, dan dosis adsorben 0,5 gram. Diperoleh kapasitas adsorpsi *methylene blue* sebesar 4,533 mg/g dan isotermis adsorpsi *methylene blue* menggunakan abu sabut dan tempurung kelapa teraktivasi  $H_2SO_4$  lebih mengikuti model isotermis Freundlich dari pada isotermis Langmuir. Analisa XRD menunjukkan bahwa kristalinitas dan kemurnian silika dalam abu teraktivasi  $H_2SO_4$  2% mengalami peningkatan karena hilangnya puncak dari pengotor KCl dan  $HNaCO_3$ .

## ABSTRACT

Falahiyah. 2015. *Methylene Blue Adsorption Using Coir Ash and Coconut Shell Ash Activated Sulfuric Acid (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)*. Supervisor I: Eny Yulianti, M.Si; Supervisor II: Nur Aini, M.Si

---

**Key words** : Coir Ash and Coconut Shell ash, Adsorption, *methylene blue*, Isotherm adsorption

The research has investigated adsorption of *methylene blue* using coir ash and coconut shell ash that remaining fuel of tofu industry in Malang. The adsorbent was activated by H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2%. Determination of optimum conditions on the adsorption of *methylene blue* with variations in contact time, pH, and adsorbent doses. This research has determined of adsorption capacity and adsorption isotherm study and characterization of ash by using XRD. Result show that the adsorption of 50 mL *methylene blue* at concentration 13,97 mg/L in optimum condition occurs in 75 minutes contact time with pH 3 for adsorbent doses 0,5 gram. The adsorption capacity is 4,533 mg/g. The isotherm adsorption was more followed to the Freundlich model than Langmuir model. XRD result showed that crystalline and purity of silica in activated ash increase, because the peak of KCl and HNaCO<sub>3</sub> impurities disappeared.

## مستخلص البحث

فلاحية، ٢٠١٥، امتزاز مطلني بلو (*Methylene Blue*) باستخدام رماد الليف وجوز الهندشل الذي ينشط مع  $H_2SO_4$ ، البحث الجامعي، كلية العلوم والتكنولوجيا جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية بمالانج. المشرفة الأولي: اوني يلنتي الماجستير، والمشرفة الثانية: نور عيني الماجستير.

---

الكلمات الأساسية: رماد الليف وجوز الهندشل، امتزاز، مطلني بلو (*methylene blue*)  
امتزاز الأيسوثرم

وقد تم ذلك الإمتزاز مطلني بلو (*methylene blue*) باستخدام رماد الليف وجوز الهندشل من الوقود متبقية في المصنع المتفحم بمالانج. واما الرماد الذي ينشط باستخدام  $H_2SO_4$  وهو ٢%. واما التقرير في الظروف المثلي من الإمتزاز مطلني بلو وهو يتكون من وقت الإمتزاز مطلني بلو بإتصال، حلول pH وجرعة المازة. وعين هذا البحث قدرة الإمتزاز و امتزاز الأيسوثرم. واما الأهداف المرجوة من الرماد الذي يتميز باستخدام XRD وهي لمعرفة مرحلة سيليكيا على الرماد. واما النتائج المحسولة في هذا البحث وهي تدل على ان الظروف المثلي لإمتزاز حوالي ٥٠ mL من مطلني ١٣،٩٧ mg/L وهو وقت الإتصال حوالي ٧٥ دقائق، pH حوالي ٣ وجرعة المازة حوالي ٠،٥ غرام. وتحصل قدرة الإمتزاز مطلني بلو حوالي ٤،٥٣٣ mg/g و امتزاز الأيسوثرم باستخدام رماد الليف وجوز الهندشل الذي ينشط مع  $H_2SO_4$  ويتبعه الطريقة ايسوثرم فروندليجه من ايسوثرم لاغميير. واما النتائج من التحليل XRD وهو يدل على ان تبلور ونقاء السيليكيا على الرماد الذي ينشط مع  $H_2SO_4$  حوالي ٢% وارتفاعا لأن فقدان دروة النجاسة من KCl و  $HNaCO_3$ .

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Berkembangnya penggunaan zat warna sintetik pada berbagai bidang industri menyebabkan dihasilkannya limbah cair zat warna dalam jumlah besar. Limbah yang berwarna berpotensi mengurangi masuknya cahaya matahari sehingga mencegah proses fotosintesis. Hal ini berakibat menurunnya kualitas perairan dan makhluk hidup yang tinggal di dalamnya akan mati karena kekurangan O<sub>2</sub> atau terkontaminasi oleh bahan beracun (Widjajanti dkk, 2011)

Limbah zat warna yang dihasilkan dari industri umumnya merupakan senyawa organik *non-biodegradable*, yang menyebabkan pencemaran lingkungan terutama lingkungan perairan (Wijaya dkk, 2006). Salah satu zat warna yang sering digunakan adalah *methylene blue*. Di industri pewarna ini sebagai pewarna kertas yang dikombinasikan dengan zat warna lain, sedangkan di laboratorium digunakan sebagai pewarna indikator. *Methylene blue* memiliki gugus benzena yang menyebabkan zat warna ini sulit didegradasi (Christina dkk, 2007). Zat warna *methylene blue* menjadi perhatian besar dalam proses pengolahan limbah karena warnanya yang sulit diuraikan. Senyawa ini bersifat toksik, menyebabkan mutasi genetik dan berpengaruh pada reproduksi (Hawley dalam Riapinatra dkk, 2012).

Beberapa penelitian pengurangan zat warna dan senyawa organik yang ada dalam limbah cair zat warna telah banyak dilakukan, salah satunya dengan adsorpsi. Menurut Wanchanthuek dan Thapol (2011), pengolahan limbah zat

warna seperti proses adsorpsi memiliki keefektifan tinggi dalam penghilangan pewarna pada limbah cair. Dalam proses adsorpsi dibutuhkan adsorben untuk mengadsorpsi adsorbat. Salah satu kegunaan adsorben adalah untuk menyerap zat warna dalam pengolahan limbah industri tekstil (Lynch, 1990). Berkembangnya industri yang menghasilkan limbah zat warna diikuti dengan semakin tingginya kebutuhan adsorben. Untuk mengatasi hal tersebut, perlu diupayakan keragaman sumber bahan baku adsorben sehingga dapat mengimbangi kebutuhan industri terhadap adsorben (Retnowati, 2005)

Adsorpsi terjadi karena adanya gaya tarik-menarik antar molekul adsorbat dengan situs aktif di permukaan adsorben (Atkins, 1996). Metode ini merupakan metode alternatif yang tidak memerlukan *pre-treatment*, selain itu biaya yang digunakan relatif rendah, sehingga banyak peneliti yang mencari bahan yang lebih murah dan mudah diperoleh (Nurmasari dkk, 2014). Adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti waktu kontak, dosis adsorben, karakter adsorben, dan konsentrasi adsorbat pada kesetimbangan adsorpsi (Saepudin, 2009).

Beberapa tahun terakhir ini banyak dilakukan penelitian untuk pengembangan metode efektif yang murah dan sederhana serta cukup efektif untuk pengolahan limbah zat warna, yaitu menggunakan metode adsorpsi dengan pengembangan adsorbennya. Dalam penelitian Crini (2006) disebutkan bahwa ada beberapa bahan yang dapat digunakan sebagai adsorben untuk pengurangan zat warna dari larutan yaitu bahan yang mengandung silika dari limbah pembakaran seperti abu sekam padi, abu layang, abu ampas tebu, serta abu tempurung dan sabut kelapa. Abu hasil pembakaran tersebut memiliki kemampuan adsorpsi yang sangat baik.

Alam semesta dengan segala isinya diciptakan Allah hanya untuk kepentingan makhluk hidup, segala sesuatu yang diciptakan pasti memiliki manfaat. Limbah merupakan hasil sisa industri yang umumnya dibuang, tetapi tidak semua limbah tidak memiliki daya guna. Salah satu contoh limbah yang memberikan manfaat untuk makhluk hidup adalah limbah abu sabut dan tempurung kelapa yang digunakan sebagai adsorben. Sebagai manusia yang dikaruniai akal, manusia diperintahkan untuk selalu berpikir dan mencari sesuatu yang belum kita ketahui manfaatnya, salah satunya memanfaatkan limbah abu yang dihasilkan dari pembakaran sabut dan tempurung kelapa. Hal ini merupakan salah satu bentuk mengingat akan penciptaan Allah yang begitu banyak manfaatnya. Sebagaimana Allah berfirman dalam al-Quran surat Ali Imron ayat 191:

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾

*“(yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): “Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa neraka.”(Ali Imron: 191)*

Ayat tersebut mendiskripsikan suatu kehidupan seseorang yang selalu memikirkan dan menganalisis, bahwa tiadalah Allah menciptakan alam beserta isinya dengan sia-sia dan batil, yang menciptakan dengan benar dan merupakan kebenaran (Quthb, 2001). Penciptaan langit, bumi dan diantara keduanya tidak sia-sia dan hanya untuk tujuan yang benar. Seperti pemanfaatan abu hasil pembakaran sabut dan tempurung kelapa industri tahu dapat dimanfaatkan sebagai

adsorben limbah cair warna, hal ini menunjukkan bahwa kebesaran Allah untuk makhluk-Nya yang berfikir.

Pemanfaatan limbah pembakaran (abu) yang kini memiliki nilai guna yang lebih tinggi telah banyak dipelajari oleh beberapa ilmuwan, seperti penelitian Wang (2006) mengatakan bahwa abu layang mampu digunakan sebagai adsorben yang murah dan efektif untuk penghilangan zat warna *methylene blue* dalam larutan. Dari hasil penelitian tersebut diketahui bahwa kapasitas adsorpsi abu layang sebesar 4,47 mg/g. Adanya penambahan asam menyebabkan kapasitas adsorpsi abu layang dalam mengurangi kadar *methylene blue* meningkat menjadi 7,99 mg/g. Menurut Chen dan Chang (1991), abu sekam padi memiliki kandungan SiO<sub>2</sub> mencapai 80-90%. Hal ini menyebabkan abu sekam padi memiliki efektifitas yang tinggi sebagai adsorben.

Sebagai upaya untuk mendapatkan adsorben yang relatif murah dapat dilakukan dengan cara pemanfaatan limbah. Salah satu limbah yang dapat dimanfaatkan adalah limbah hasil pembakaran dari sabut dan tempurung kelapa yang berupa abu. Penelitian Pujiana (2014) menyatakan bahwa pembakaran sabut dan tempurung kelapa pada industri tahu memiliki potensi sebagai adsorben seperti abu yang lainnya, yaitu abu jerami padi, abu layang, dan abu sekam padi. Adsorben abu sabut dan tempurung kelapa menghasilkan kapasitas adsorpsi terhadap *methylene blue* 1,013 mg/g, dan mencapai 1,211 mg/g ketika telah diakivasi dengan NaCl.

Abu hasil pembakaran sabut dan tempurung kelapa memiliki kandungan unsur mineral yang sama dengan abu layang dan abu sekam padi yaitu, sama-sama mengandung SiO<sub>2</sub> (Pujiana, 2014). Oleh sebab itu abu dari sabut dan

tempurung kelapa berpotensi untuk dijadikan sebagai adsorben dikarenakan memiliki senyawa aktif berupa senyawa silikon dioksida ( $\text{SiO}_2$ ).

Senyawa silika yang terkandung dalam abu memiliki gugus silanol ( $\equiv\text{Si-OH}$ ) dan siloksan ( $\equiv\text{Si-O-Si}\equiv$ ) yang merupakan situs aktif yang mampu bertindak sebagai adsorben. Hal ini dikarenakan memiliki atom oksigen ( $\text{O}^-$ ) yang cukup reaktif (Sriyanti, 2005), sehingga dengan mudah mampu mengikat atom  $\text{N}^+$  yang terdapat pada *methylene blue*. Silikon dioksida memiliki struktur ikatan kovalen raksasa yang mampu menampung adsorbat yang diserap dengan jumlah banyak (Pujiana, 2014).

Danarto dan Samun (2008) menyatakan bahwa kemampuan penyerapan dari suatu adsorben akan meningkat apabila dilakukan proses aktivasi secara kimia maupun fisika terhadap adsorben tersebut. Pada penelitian ini dilakukan adsorpsi *methylene blue* menggunakan abu sabut dan tempurung kelapa teraktivasi asam sulfat. Menurut Widihati (2008), asam sulfat digunakan sebagai aktivator karena mempunyai jumlah ion  $\text{H}^+$  yang lebih banyak dari asam-asam lainnya, serta mempunyai sifat higroskopis yang dapat menyerap kandungan air yang terdapat pada abu layang. Selain itu, tujuan aktivasi ini adalah untuk menukar kation yang ada dalam abu layang menjadi  $\text{H}^+$  dan melepaskan ion Al, Fe, Mg dan pengotor-pengotor lainnya.

Prakash dkk (2004) mengatakan bahwa asam sulfat mampu mengurangi kadar *unburned carbon* pada abu layang sehingga pori-pori situs aktifnya melebar. Hal ini juga dilakukan pada penelitian Kumar dan Irawan, Kumar dkk (2013) mengatakan bahwa aktivasi abu layang dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  mampu meningkatkan penghilangan zat warna RR194 dengan menurunnya konsentrasi zat warna

mencapai 96,6%, sedangkan Irawan (2014) mengaktivasi abu layang dengan  $H_2SO_4$  sehingga meningkatkan komposisi silika dalam abu yaitu mencapai 47,8% dibanding abu layang tanpa teraktivasi  $H_2SO_4$  yang hanya 16,5%. Penelitian Lestari (2013) menggunakan variasi aktivator asam sulfat sebagai pengaktif abu layang untuk menentukan kadar  $NO_2$  dan dihasilkan konsentrasi optimum  $H_2SO_4$  2% yang efektif menyerap  $NO_2$  5 ppm dengan meningkatnya penyerapan konsentrasi  $NO_2$  sebesar 3,461 ppm dalam waktu aktivasi 60 menit.

Pada penelitian ini akan dilakukan aktivasi kimia abu sabut dan tempurung kelapa menggunakan  $H_2SO_4$  2%, dan uji aktivitasnya terhadap kemampuan mengadsorpsi *methylene blue*. Kemampuan adsorpsi *methylene blue* diukur menggunakan UV-Vis dan abu dikarakterisasi menggunakan XRD untuk menentukan fasa mineral pada abu. Adapun pola isoterms adsorpsi dipelajari dengan membandingkan antara pola isoterms Langmuir dan Freundlich.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana kondisi optimum proses adsorpsi *methylene blue* menggunakan abu sabut dan tempurung kelapa teraktivasi asam sulfat?
2. Bagaimana pola isoterms adsorpsi dan kapasitas adsorpsi *methylene blue* menggunakan abu sabut dan tempurung kelapa?
3. Bagaimana karakteristik abu sabut dan tempurung kelapa dengan menggunakan XRD?

### 1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui kondisi optimum proses adsorpsi *methylene blue* menggunakan abu sabut dan tempurung kelapa teraktivasi asam sulfat.
2. Untuk mengetahui pola isoterms adsorpsi dan kapasitas adsorpsi *methylene blue* menggunakan abu sabut dan tempurung kelapa.
3. Untuk mengetahui karakteristik abu sabut dan tempurung kelapa dengan menggunakan XRD.

### 1.4 Batasan Masalah

1. Abu sabut dan tempurung kelapa yang digunakan diambil dari industri tahu Kota Malang.
2. Konsentrasi asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) yang digunakan untuk aktivasi kimia adalah 2%.
3. Karakterisasi abu menggunakan XRD.
4. Variasi waktu kontak yang digunakan adalah 15, 30, 45, 60, 75, dan 90.
5. Variasi dosis adsorben adalah 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; dan 2,5 gram.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Setelah dilakukannya penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi pada masyarakat mengenai penggunaan abu dari sabut kelapa hasil pembakaran industri tahu pada khususnya sebagai adsorben yang murah dan mudah didapatkan untuk menyerap zat warna *methylene blue* pada limbah cair.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pemanfaatan Abu dalam Perspektif Islam**

Manusia sebagai makhluk istimewa dibandingkan makhluk lain oleh Allah yaitu dianugerahi akal sempurna. Salah satu tugasnya adalah menggunakan akalnya untuk memikirkan ciptaan Allah dan rahasia dibalik penciptaan-Nya dengan baik dan dalam keadaan apapun. Sebagaimana penjelasan surat al-Imran ayat 191 yang dijelaskan oleh Shihab (2002) yang menyatakan bahwa salah satu ciri khas orang yang berakal yaitu apabila ia memperhatikan sesuatu selalu memperoleh manfaat dan faedah, ia selalu mengagungkan kebesaran Allah SWT. Ia selalumengingat Allah disetiap waktu dan keadaan, baik di waktu berdiri, duduk atau berbaring, tidak ada satu waktu dan keadaan dibiarkan berlalu begitu saja kecuali diisi dan digunakan untuk memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi, memikirkan keajaiban-keajaiban yang terdapat didalamnya yang menggambarkan kesempurnaan alam dan kekuasaan Allah SWT.

Tafsir fii zhilalil Qur'an juga menjelaskan bahwa orang-orang yang mau menggunakan pikirannya adalah orang-orang yang mampu menjangkau hikmah *tadbir* ini. Merekalah orang-orang yang mengikat fenomena alam ini seperti hujan untuk kehidupan, pohon-pohon, tumbuh-tumbuhan, dan buah-buahan dengan undang-undang yang mulia bagi eksistensi jagad raya ini merupakan isyarat adanya Sang Pencipta. Sedangkan orang-orang yang lalai, mereka hanya melewati tanda-tanda kekuasaan Allah ini di siang dan malam hari. Di siang waktu musim panas dan dingin, sementara perhatian mereka tidak tergerak sedikit pun untuk mengamatinya, tidak mendorongnya untuk mencermatinya, dan tidak tersentuh

hati nuraninya untuk mengenal siapa pemilik dan pengatur alam raya yang luar biasa ini (Quthb, 1992).

Umat islam diperintahkan dalam al-Qur'an untuk mempelajari setiap kandungan ayatnya. Oleh karena itu kita perlu meningkatkan pemahaman terhadap isi al-Qur'an, sebagaimana firman Allah dalam surat al-Jaatsiyah:13 yang berbunyi:

وَسَخَّرَ لَكُم مَّا فِي السَّمٰوٰتِ وَمَا فِي الْاَرْضِ جَمِيعًا مِّنْهُ ۗ اِنَّ فِيْ ذٰلِكَ لٰآيٰتٍ لِّقَوْمٍ  
يَتَفَكَّرُوْنَ ﴿١٣﴾

*"Dan dia Telah menundukkan untukmu apa yang di langit dan apa yang di bumi semuanya, (sebagai rahmat) dari pada-Nya.Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang berfikir."(QS. al-Jaatsiyah:13)*

Ayat diatas menjelaskan bahwa di alam semesta ini semua makhluk diciptakan bermacam-macam jenis dan ukurannya yang ditundukkan untuk kepentingan manusia atas kehendak Allah SWT.Segala nikmat ini merupakan bukti kekuasaan Allah SWT.Bagi kaum yang memikirkan ayat-ayat, mengkajinya serta melakukan penelitian ilmiah untuk membuktikan manfaat ciptaan Allah SWT.(Mahran, 2006).

Islam merupakan agama yang sempurna. Dalam ajarannya, Islam tidak hanya mengatur tentang bagaimana hubungan kaumnya dengan Allah SWT. Akan tetapi, Islam juga mengatur bagaimana kaumnya berhubungan dengan sesama manusia dan bahkan mengatur bagaimana berhubungan dengan lingkungan disekitarnya. Mengenai hubungan antara manusia dengan lingkungan disekitarnya, Islam menganjurkan para umatnya untuk menjaga serta melindungi lingkungannya bukan untuk merusaknya agar lingkungan tetap terjaga

kelestariannya. Hal ini menjadi sesuatu yang harus kita pikirkan sebagai makhluk yang memiliki akal, salah satu cara menjaga lingkungan adalah mengolah limbah dengan baik dan benar (Krisnadi, 2012). Allah telah mengingatkan kepada umatNya dalam FirmanNya surat al-A'raf ayat 56:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ حَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ ﴿٥٦﴾

“Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah Amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik”(Q.S al-A'raf : 56).

Kata *dzahara* (ظهر) dalam ayat di atas berarti terjadi sesuatu di permukaan bumi, karena dipermukaan, maka nampak dan terang dan diketahui dengan jelas. Kata *al-fasad* (الفسد) berarti keluarnya sesuatu dari keseimbangan, baik sedikit maupun banyak. Ulama kontemporer menafsirkan dalam arti kerusakan lingkungan, karena ayat tersebut mengaitkan *fasad* atau kerusakan dengan kata darat dan laut (Shihab, 2002). Allah SWT melarang hambaNya untuk membuat kerusakan dimuka bumi ini karena Allah telah memberikan karunia yang banyak untuk dimanfaatkan manusia dimuka bumi ini.

Pemanfaatan segala ciptaan Allah di bumi ini untuk memenuhi kebutuhan hidup agar tidak ada yang sia-sia dan hanya untuk tujuan yang benar. Namun, Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi dari waktu-kewaktu ternyata tidak selalu membawa kebaikan atau keuntungan. Hal ini telah tercermin sebagaimana dalam Firman Allah surat asy-Syuraa ayat 30 yang berbunyi:

وَمَا أَصَابَكُمْ مِّنْ مُّصِيبَةٍ فَبِمَا كَسَبَتْ أَيْدِيكُمْ وَيَعْفُوا عَنْ كَثِيرٍ ﴿٣٠﴾

*“Dan apa saja musibah yang menimpa kamu Maka adalah disebabkan oleh perbuatan tanganmu sendiri, dan Allah memaafkan sebagian besar (dari kesalahan-kesalahanmu)”*. (Q.S asy-Syuura : 30)

Apabila terjadi gangguan terhadap keseimbangan suatu lingkunganhidup, perlusegera diambil tindakan dan langkah-langkahyangdiperlukanuntuk mengembalikan atau memulihkan kembali keseimbangan itu. Usaha-usahainilah yang dimaksudkan dengan pemeliharaan, pembinaan dan pengembangan lingkungan hidup, agar tetap terpelihara kelestariannya dan bahkan meningkat kualitasnya.

Sampai saat ini banyak yang menganggap limbah adalah sesuatu yang tidak bermanfaat dan berbahaya. Al-Qardhawi (2002) menyatakan bahwa limbah adalah seluruh bahan yang terbuang dari proses produksi bahan kimia, pertambangan, penyulingan, pertanian dan bahan-bahan pembuatan makanan yang tampak perubahannya pada permukaan air. Limbah hasil produksi yang dibuang ke lingkungan tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu dapat menyebabkan pencemaran lingkungan seperti pencemaran tanah, air maupun udara. Allah sangat menghargai siapa pun yang memelihara lingkungan, apalagi mereka yang memiliki kesadaran untuk memperbaiki kerusakan yang ada.

Menurut Al-Qardhawi (2002) bahwa salah satu cara untuk menjaga amanat dan anugerah Yang Maha Kuasa yaitu dengan cara mendayagunakan ciptaan-Nya untuk kehidupan manusia dan mencegah terjadinya kerusakan yang ada di bumi. Abu dari sabut dan tempurung kelapa merupakan hasil sisa pembakaranyang pada umumnya jarang bahkan tidak digunakan kembali. Abu ini

sangat sering dijumpai di industri-industri yang memproduksi bahan pangan seperti produksi tahu atau tempe. Pada umumnya abu dari sabut dan tempurung tidak dimanfaatkan kembali dan hanya dibuang begitu saja. Salah satu upaya untuk memanfaatkan abu ini adalah dengan mendaur ulangnya.

Pemanfaatan abu agar menjadi barang yang lebih bernilai gunasebagai bahan pengadsorp adalah salah satu upaya mendaur ulang limbah. Dengan memanfaatkan abu sabut dan tempurung kelapa sebagai bahan dasar adsorben akan mengurangi pencemaran lingkungan dan menambah nilai ekonomis terhadap kalangan masyarakat maupun industri. Abu sabut dan tempurung kelapa yang dihasilkan ini akan dimanfaatkan sebagai adsorben. Hal ini merupakan salah satu kebesaran Allah karena memberikan akal pada manusia untuk memikirkan hikmah-hikmah dibalik ciptaan-Nya sehingga mereka mengetahui sebagian rahasianya dan dapat mengambil manfaat dari apa yang disimpan di dalam perut bumi maupun yang tampak pada permukaannya, yang membawa kemajuan bagi umat manusia. Seperti yang telah dijelaskan dalam firman-Nya surat ar-Ra'd ayat 3 :

وَهُوَ الَّذِي مَدَّ الْأَرْضَ وَجَعَلَ فِيهَا رَوَاسِيَ وَأَنْهَارًا وَمِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ جَعَلَ فِيهَا زَوْجَيْنِ اثْنَيْنِ  
يُغْشَى اللَّيْلَ النَّهَارَ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ ﴿٣﴾

*“Dan Dia-lah Tuhan yang membentangkan bumi dan menjadikan gunung-gunung dan sungai-sungai padanya. dan menjadikan padanya semua buah-buahan berpasang-pasangan, Allah menutupkan malam kepada siang. Sesungguhnya pada yang demikian itu terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi kaum yang memikirkan”(Q.S. ar-Ra'd :3).*

Tujuan penciptaan langit, bumi dan diantara keduanya bukan hanya sia-sia melainkan hanya untuk tujuan yang benar. Menurut Abdullah (2004) semua yang

diciptakan oleh Allah tidak diciptakan tanpa guna, tetapi semuanya diciptakan dengan tujuan tertentu. Penciptaan itu telah diberikan batas waktu tertentu yaitu hari kiamat. Al-Qur'an hanya memberikan dasar-dasar, prinsip-prinsip dan pokok-pokok ajaran yang dapat memberikan motivasi dan mendorong manusia untuk melakukan kegiatan yang positif dan mengendalikan diri untuk tidak melakukan kegiatan yang negatif terhadap lingkungan. Adapun cara yang digunakan dalam memelihara lingkungan itu diserahkan kepada manusia untuk memikirkannya sesuai dengan tuntutan ilmu pengetahuan dan teknologi serta tidak melanggar peraturan dalam Al-Qur'an.

## **2.2 Adsorpsi**

Adsorpsi adalah peristiwa terakumulasi atau terkumpulnya partikel pada permukaan. Partikel yang terakumulasi dan diserap oleh permukaan dinamakan adsorbat sedangkan tempat terjadinya adsorpsi disebut adsorben. Dalam adsorpsi, adsorben adalah zat yang mempunyai sifat mengikat pada permukaannya dan sifat ini menonjol pada padatan yang berpori (Atkins, 1999). Amsden (1950) menambahkan proses adsorpsi dapat terjadi pada permukaan antara dua fase seperti cair-cair, gas-cair, gas-padat atau cair-padat. Beberapa syarat yang harus dipenuhi oleh adsorben antara lain mempunyai luas permukaan yang besar, berpori, aktif dan murni, serta tidak bereaksi dengan adsorbat (Othmer, 1984). Adsorpsi senyawa terlarut oleh adsorben berlangsung terus menerus dan berhenti pada saat sistem mencapai kesetimbangan, yaitu kesetimbangan antara konsentrasi adsorbat yang tinggal dalam larutan dengan konsentrasi adsorbat yang diadsorpsi oleh adsorben (Othmer, 1984).

Proses adsorpsi diaplikasikan untuk mengadsorpsi logam dalam limbah cair dan mengadsorpsi zat warna pada limbah cair. Ada tiga langkah utama dalam adsorpsi zat warna oleh adsorben meliputi pemindahan zat warna dari larutan dalam jumlah besar ke permukaan adsorben, adsorpsi pada permukaan adsorben, dan transportasi dalam partikel adsorben (Selvaraju, 2013)

Adsorben atau zat pengadsorpsi adalah bahan yang memiliki pori-pori banyak, proses adsorpsi dapat berlangsung pada dinding-dinding pori atau dapat terjadi pada daerah tertentu di dalam partikel tersebut (Jauhar dkk, 2007). Adsorben biasanya memiliki pori-pori yang sangat kecil sehingga permukaan dalamnya menjadi beberapa kali lebih besar dari permukaan luarnya. Adsorben yang telah jenuh dapat diregenerasi agar dapat digunakan kembali untuk proses adsorpsi (Jauhar dkk, 2007).

Adsorben yang dapat digunakan untuk menghilangkan kotoran dalam minyak antara lain bentonit, arang aktif, magnesium silikat, aluminium silikat, dan kapur (Ketaren, 1986). Adsorben yang digunakan dalam proses pemurnian terdiri dari tipe polar (hidrofilik) dan non polar (hidrofobik). Adsorben polar antara lain silika gel, alumina yang diaktivasi dan beberapa jenis tanah liat (*clay*). Adsorben tipe ini umumnya digunakan jika zat warna yang akan dihilangkan lebih polar dari cairannya. Adsorben non polar antara lain arang (karbon dan batubara) dan arang aktif, yang biasa digunakan untuk menghilangkan zat warna yang kurang polar (Othmer, 1964).

Menurut Do (1998), keefektifan adsorben tergantung pada performa adsorben dilihat dari kesetimbangan dan kinetika penyerapan suatu adsorbat didalam adsorben tersebut. Suatu padatan berpori yang mempunyai kapasitas baik

tetapi kinetika adsorpsinya lambat tidak akan dipilih sebagai adsorben karena proses adsorpsinya akan berlangsung lama. Sebaliknya padatan berpori yang mempunyai kinetika adsorpsi cepat tetapi kapasitas adsorpsinya kecil juga tidak akan dipilih sebagai adsorbat karena padatan tersebut akan dibutuhkan dalam jumlah yang besar. Adsorben yang baik mempunyai luas permukaan atau volume mikro pori yang besar dan mempunyai jaringan pori yang besar untuk perpindahan molekul di dalam adsorben.

### **2.3 Aktivasi Adsorben Menggunakan Asam Sulfat**

Aktivasi adalah suatu perlakuan terhadap adsorben yang bertujuan untuk memperbesar pori sehingga adsorben mengalami perubahan sifat, baik kimia maupun fisika, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi (Bradey, 1999). Kemampuan adsorpsi adsorben sangat ditentukan oleh luas permukaan (porositas) dan volume pori-pori dari adsorben. Adsorben dengan porositas yang besar mempunyai kemampuan menyerap yang lebih tinggi dibandingkan dengan adsorben yang memiliki porositas kecil. Secara umum metode aktivasi yang digunakan adalah aktivasi fisika dan aktivasi kimia (Kinoshita, 1988).

Aktivasi fisika adalah proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap dari  $\text{CO}_2$ . Metode aktivasi secara fisika antara lain dengan menggunakan uap air, gas  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  dan  $\text{N}_2$ . Gas-gas tersebut berfungsi untuk mengembangkan struktur rongga yang ada pada adsorben sehingga memperluas permukaannya, menghilangkan konstituen yang mudah menguap dan

membuang produksi tar atau hidrokarbon-hidrokarbon pengotor pada adsorben (Sembiring dan Sinaga, 2003).

Aktivasi secara kimia merupakan aktivasi dengan pemakaian bahan kimia (Triyana dan Tuti, 2003). Aktivasi secara kimia memiliki beberapa keuntungan antara lain memerlukan temperatur yang rendah, menghasilkan hasil (*yield*) yang lebih tinggi dan mikropori dapat dikontrol (Rodenas dkk, 2003). Aktivator yang sering digunakan adalah hidroksida logam alkali, klorida, sulfat, fosfat dari logam alkali tanah, dan asam-asam anorganik seperti  $H_2SO_4$  dan  $H_3PO_4$  (Triyana dan Tuti, 2003). Menurut Widihati (2008) asam sulfat merupakan aktivator yang cukup baik karena mempunyai jumlah ion  $H^+$  yang lebih banyak dari asam-asam yang lainnya, serta memiliki sifat higroskopis yang dapat menyerap kandungan air yang terdapat pada abu layang.

Perlakuan aktivasi dengan menggunakan larutan asam dapat melarutkan pengotor pada material tersebut, sehingga mulut pori menjadi lebih terbuka, akibatnya luas permukaan spesifik porinya menjadi meningkat. Selain itu, situs aktifnya juga mengalami peningkatan oleh karena situs yang tersembunyi menjadi terbuka dan kemungkinan juga akan memunculkan situs aktif baru akibat reaksi pelarutan. Peningkatan luas permukaan spesifikpori dan situs aktifnya akan dapat meningkatkan kemampuan adsorpsinya (Widihati, 2008). Fitriyah (2004) juga menunjukkan bahwa aktivasi dengan aktivator  $H_2SO_4$  dapat meningkatkan luas permukaan spesifik dan keasaman permukaannya serta kemampuan adsorpsinya terhadap logam Pb(II) dan Cr(III) juga meningkat. Kumar dkk (1995), telah melakukan aktivasi adsorben (abu) dengan asam mineral ( $H_2SO_4$ ). Hasilnya dapat meningkatkan beberapa sifat fisik dan kimianya seperti keasaman

permukaan dan porositasnya, sehingga lebih efektif sebagai adsorben ataupun katalis daripada tanpa perlakuan aktivasi.

Penggunaan bahan-bahan mineral seperti asam  $H_2SO_4$ ,  $HCl$ , dan  $HNO_3$  sebagai pengaktif memiliki kelemahan yang terletak pada proses pencucian, bahan-bahan mineral tersebut kadang-kadang sulit dihilangkan lagi dengan pencucian sedangkan keuntungan penggunaan bahan-bahan mineral sebagai pengaktif adalah waktu aktivasi yang relatif pendek, dan daya adsorpsi terhadap suatu adsorbat akan lebih baik (Jankowska, 1991).

Selama aktivasi, bahan kimia yang digunakan berfungsi sebagai penstabil dan memastikan adsorben tidak mengempis kembali. Dalam proses aktivasi akan menghasilkan poros adsorben penuh dengan bahan pengaktif, bahan pengaktif tersebut selanjutnya dikeluarkan sebelum proses adsorpsi (Mu'jizah, 2010). Penelitian Lestari (2013), menggunakan  $H_2SO_4$  sebagai aktivator *fly ash* dengan variasi waktu aktivasi menghasilkan kondisi optimum dengan waktu aktivasi 60 menit dan waktu penyerapan 5 menit, sehingga waktu aktivasi relatif pendek.

Asam sulfat digunakan sebagai aktivator karena mempunyai jumlah ion  $H^+$  yang lebih banyak dari asam-asam lainnya, serta mempunyai sifat higroskopis yang dapat menyerap kandungan air yang terdapat pada adsorben. Selain itu, tujuan aktivasi ini adalah untuk menukar kation yang ada dalam adsorben menjadi  $H^+$  dan melepaskan ion  $Al$ ,  $Fe$ ,  $Mg$  dan pengotor-pengotor lainnya (mengandung unsur alkali/alkali tanah) dari kisi-kisi kristal. Selama proses aktivasi, pengotor yang terdapat pada permukaan adsorben dan menutupi situs aktif dari adsorben dapat dihilangkan dengan cara dilarutkan dengan asam sulfat

sehingga rangkaian struktur adsorben mempunyai area yang lebih luas, serta situs aktifnya juga mengalami peningkatan karena situs yang tersembunyi menjadi terbuka dan kemungkinan juga akan memunculkan situs aktif baru akibat reaksi pelarutan. Peningkatan luas permukaan spesifik pori dan situs aktifnya dapat meningkatkan kemampuan adsorpsinya (Widihati, 2008). Hal ini terbukti dari penelitian Fitriyah (2004),  $H_2SO_4$  dapat meningkatkan luaspermukaan spesifik dan keasaman permukaannya serta kemampuan adsorpsinya terhadap logam Pb(II) dan Cr(III). Penelitian Lestari (2013) menggunakan asam sulfat sebagai pengaktif abu terbang batu bara dihasilkan kondisi optimum dengan konsentrasi asam sulfat ( $H_2SO_4$ )2% dan kondisi optimum waktu aktivasi relatif pendek 60 menit dan waktu penyerapan 5 menit, sehingga mampu meningkatkan luas permukaan spesifikpori dan situs aktif ( $SiO_2$ )abu layang meningkatkan kemampuan adsorpsinya.

Adanya aktivasi dengan  $H_2SO_4$  dapat mengurangi oksida alkali dan alkalitanah seperti  $Na_2O$ ,  $K_2O$ ,  $MgO$ , dan  $CaO$  karena telah terjadi substitusi ion  $H^+$ , sehingga menyebabkan bertambahnya situs  $H^+$  (asam Brønsted) pada adsorben (abu). Aktivasi  $H_2SO_4$  dengan konsentrasi tertentu pada adsorben dapat menyebabkan larutnya aluminium (dealuminasi), yang pada akhirnya dapat membentuk situs asam Lewis  $Al^{3+}$  (Widihati, 2008).Perlakuan asam pada abu sekam padi menghasilkan silika 95-98% dan memiliki luas permukaan 120-200  $m^2/g$  berdifusi menembus ke dalam struktur silanol (Si-O-Si). Perlakuan dengan asam dapat meningkatkan sifat murni silika (Ghosh dan Bhattacharjee, 2013).

## 2.4 Abu Sabut dan Tempurung Kelapa Sebagai Adsorben *Methylene Blue*

Buah kelapa terdiri dari beberapa komponen yaitu kulit luar (*epicarp*), sabut (*mesocarp*), tempurung kelapa (*endocarp*), daging buah (*endosperm*), dan air kelapa (Palungkun, 2001). Sabut dan tempurung kelapa mempunyai banyak manfaat karena banyaknya unsur-unsur yang terkandung di dalamnya. Disamping sebagai bahan bakar, abu sabut kelapa juga juga dimanfaatkan sebagai adsorben (Pujiana, 2014). Ketebalan sabut kelapa berkisar 5-6 cm yang terdiri atas lapisan terluar (*eksokarpium*) dan lapisan dalam (*endokarpium*) (Rindengan *et al*, 1995). Sabut kelapa merupakan bagian yang berserabut, mempunyai ketebalan 3-5 cm dan terdiri dari jaringan dengan sel serat yang keras, diantara sel-selnya terdapat jaringan lunak (Suhartana, 2006). Komposisi kimia sabut kelapa terdiri atas selulosa, lignin, pyroligneous acid, gas, arang, tar, tannin, dan potasium (Rindengan dkk, 1995).



Gambar 2.1 a) Tempurung kelapa, b) Sabut kelapa, c) abu sabut dan tempurung kelapa (Rindengan dkk, 1995)

Komposisi kimia sabut kelapa dapat dilihat pada Tabel 2.1. Mineral yang terkandung dalam sabut kelapa adalah kalium (K), natrium (Na), kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan fosfor (P) (Mahmud, 2005). Komposisi kimia tempurung kelapa diantaranya selulosa 26,60%, lignin 29,40%, pentosan 27,70%, solven

ekstraktif 4,20%, uronat anhidrit 3,50%, abu 0,62%, nitrogen 0,11% dan air 8,01% (Sembiringdan Sinaga, 2003).

Tabel 2.1 Komposisi kimia sabut kelapa

<b>Komponen Kimia</b>	<b>Komposisi (%)</b>
Pectin	14,06
Hemiselulosa	7,69
Komponen larut air	5,8
Lignin	30,02
Selulosa	18,24
Komponen tidak larut air	19,19
Mineral	5

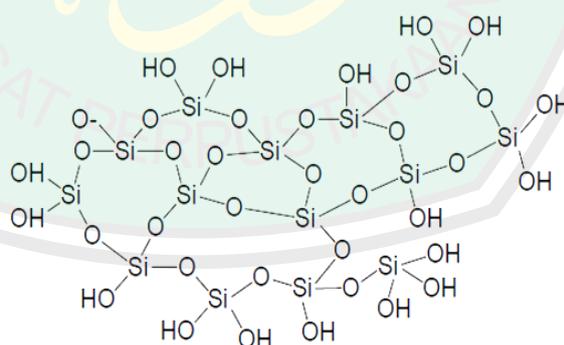
Sumber : Rindengan (1995)

Abu adalah sisa pembakaran sempurna dari suatu bahan. Pembakaran sempurna terhadap suatu bahan pada suhu 500-600 °C selama beberapa waktu akan membuat senyawa organik yang terkandung didalamnya menguap, sedangkan sisanya yang tidak menguap merupakan abu. Abu memiliki kandungan unsur-unsur mineral sisa pembakaran, komposisi kimia dalam abu secara umum yaitu 96,34% SiO<sub>2</sub>, 2,31% K<sub>2</sub>O, 0,45% MgO, 0,41% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0,41% CaO dan 0,2% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Mahvi dkk, 2004).

Menurut Kamal (1994), di dalam abu hasil pembakaran sabut dan tempurung kelapa terkandung campuran dari berbagai oksida mineral sesuai dengan jenis mineral yang terkandung di dalam bahan. Unsur dalam bentuk oksidanya antara lain natrium oksida (Na<sub>2</sub>O), kalium oksida (K<sub>2</sub>O), magnesium oksida (MgO), seng oksida (ZnO), besi oksida (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), dan silikon dioksida (SiO<sub>2</sub>). Menurut Salunkhe dkk (1992), abu sabut dan tempurung kelapa merupakan hasil dari pembakaran sabut dan tempurung kelapa yang mengandung

20-30% kalium dan 2% fosfor. Apabila abu dilarutkan dalam air maka sebagian unsur yang terkandung di dalamnya akan larut dan dapat dipisahkan berdasarkan sifat kelarutannya dalam air. Unsur yang mempunyai bentuk oksida basa akan berubah menjadi basa, sedangkan unsur yang mempunyai bentuk oksida asam akan berubah menjadi asam (Mappiratu, 1985).

Unsur dari abu yang memiliki efektivitas sebagai senyawa penyerap yaitu senyawa silikon dioksida ( $\text{SiO}_2$ ). Senyawa  $\text{SiO}_2$  banyak terkandung dalam berbagai macam abu tergantung jenis sumber abu. Senyawa silikon dioksida ( $\text{SiO}_2$ ) yang terkandung dalam abu merupakan situs aktif yang mampu bertindak sebagai adsorben dikarenakan memiliki atom oksigen ( $\text{O}^-$ ) yang cukup reaktif. Silikon dioksida memiliki struktur ikatan kovalen raksasa yang mampu menampung adsorbat yang diserap dengan jumlah banyak. Gambar struktur silika dalam abu ditampilkan pada gambar (Sriyanti, 2005) :



Gambar 2.2 Struktur silika dalam abu

Pada penelitian Shrivastava (2009), menggunakan abu sekam padi sebagai adsorben, dikatakan bahwa abu sekam padi merupakan adsorben yang lebih baik daripada sekam padi. Abu layang dan abu sekam padi sering digunakan sebagai

adsorben dikarenakan memiliki senyawa aktif sebagai senyawa penyerap pada poses adsorpsi yaitu senyawa  $\text{SiO}_2$ .

Penelitian Zakaria (2012) menggunakan abu layang sebagai adsorben untuk menyerap logam Cu. Hasil dari penelitian tersebut bahwa senyawa  $\text{SiO}_2$  mampu menyerap logam Cu sebanyak 1,443 mg/g. Sementara pada penelitian Siriluk (2005) menggunakan abu sekam padi sebagai adsorben karena abu sekam padi merupakan material berpori juga mempunyai senyawa aktif yang berperan sebagai senyawa penyerap yaitu senyawa silikon dioksida ( $\text{SiO}_2$ ).

Abu hasil pembakaran sabut dan tempurung kelapa memiliki kandungan unsur mineral yang sama dengan abu layang dan abu sekam padi. Sama-sama memiliki senyawa aktif yaitu senyawa  $\text{SiO}_2$ . Senyawa silikon dioksida pada abusabut dan tempurung kelapa mampu menjadi senyawa aktif seperti senyawa  $\text{SiO}_2$  yang terdapat dalam abu layang dan abu sekam padi. Elemen-elemen yang ada pada abu sabut dan tempurung kelapa disajikan pada Tabel 2.4.

Pada penelitian Pujiana (2014), hasil penelitian menunjukkan luas permukaan terbaik dihasilkan saat abu sabut tempurung kelapa diaktivasi dengan aktivator larutan NaCl 300 ppm adalah 56,85  $\text{m}^2/\text{g}$ , dan dihasilkan kapasitas adsorpsi abu terbaik terhadap *methylene blue* yaitu abu teraktivasi NaCl 200 ppm (1,152 mg/g). Oleh sebab itu abu dari sabut dan tempurung kelapa potensial untuk dijadikan sebagai adsorben dikarenakan memiliki senyawa aktif berupa senyawa silikon dioksida ( $\text{SiO}_2$ ).

Tabel 2.2 Kandungan unsur-unsur pada abu sabut dan tempurung kelapa

<b>Elemen</b>	<b>Berat (%)</b>
Na (Natrium)	2,67
Mg (Magnesium)	3,15
Al (Alumunium)	0,65
P (Fosfor)	3,31
Ca (Kalsium)	9,51
O (Oksigen)	16,95
K (kalium)	18,36
Cl (Klorida)	1,77
S (Belerang)	1,43
Si (Silikon)	20,19

Sumber : Pujiana (2014)

Dari tabel diatas terlihat bahwa jika diurutkan berdasarkan % maka Si > K > O > Ca > P > Mg > Na > Cl > S > Al. Kandungan silika pada abu sabut dan tempurung kelapa yang cukup tinggi membuat abu sabut dan tempurung kelapa mampu berperan sebagai adsorben. Menurut Mahvi dkk (2004), silika yang terkandung dalam abu > 15% memiliki potensi untuk digunakan sebagai senyawa penyerap pada adsorbat.

Pada penelitian Rastogi dkk (2008), menggunakan *fly ash* dari limbah hasil pembakaran sebagai adsorben, dosis *fly ash* yang digunakan yaitu 900 mg/dm<sup>3</sup> pada pH 7 dengan konsentrasi awal *methylene blue* 65 mg/dm mampu mengadsorpsi *methylene blue* sebanyak 58,24%. Pada penelitian Wang *et al* (2006) menggunakan abu layang (*fly ash*) sebagai adsorben menghilangkan *methylene blue* dalam larutan berair dan kapasitas adsorpsi dari abu layang yaitu 4.47 mg/g. Adanya pengaruh perlakuan asam menyebabkan kapasitas adsorpsi abu layang meningkat menjadi 7.99 mg/g. Wang (2006) mengatakan bahwa *fly ash* mampu digunakan sebagai adsorben yang murah untuk adsorpsi *methylene*

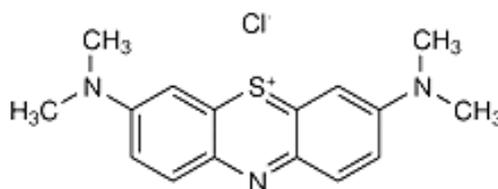
*blue*. Pada penelitian Alzaydien (2009) terjadi reaksi antara senyawa silikon dengan *methylene blue* pada proses adsorpsi *methylene blue*, interaksi yang terjadi yaitu:



Gambar 2.3 Interaksi antara Silikon dalam abu dengan  $\text{MB}^+$

Proses penyerapan *methylene blue* oleh senyawa aktif dari abu berupa  $\text{SiO}_2$  ditunjukkan pada reaksi di atas, hal itu disebabkan di mana atom oksigen yang bermuatan negatif pada senyawa oksida silikon mengikat atom N yang bermuatan negatif pada senyawa *methylene blue* sehingga terjadi penyerapan *methylene blue* oleh senyawa aktif  $\text{SiO}_2$  (Alzaydien, 2009).

*Methylene blue* merupakan salah satu zat warna *thiazine* yang sering digunakan karena harganya ekonomis dan mudah diperoleh. Zat warna *methylene blue* merupakan zat warna dasar yang penting dalam proses pewarnaan kulit, kain mori, dan kain katun. Penggunaan *methylene blue* dapat menimbulkan beberapa efek, seperti iritasi saluran pencernaan jika tertelan, menimbulkan sianosis jika terhirup, dan iritasi pada kulit jika tersentuh oleh kulit (Hamdaoui dan Chiha, 2006). Senyawa ini memiliki rumus molekul  $\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{ClN}_3\text{S}$  dengan bobot molekul 319,91 gram/mol, berwarna hijau tua, tidak berbau dan stabil dalam udara serta mudah larut dalam air (larutannya berwarna biru tua), kloroform dan alkohol (Hawley, 1981).



Gambar 2.4 Struktur *Methylene Blue*

*Methylene blue* merupakan parameter untuk mengetahui kemampuan suatu adsorben dalam menyerap molekul-molekul dengan ukuran besar. Besarnya daya serap terhadap *methylene blue* menggambarkan molekul yang terserap oleh adsorben berukuran 15 Å. Pengujian *methylene blue* menunjukkan jumlah relatif makropori yang terdapat pada adsorben (Saragih, 2008).

*Methylene blue* yang mempunyai warna komplementer berupa warna biru mempunyai spektrum cahaya pada panjang gelombang daerah visibel yaitu antara 500-700 nm, sehingga pada penentuan panjang gelombang maksimumnya digunakan range pada daerah panjang gelombang tersebut (Day dan Underwood, 2002). Pada penelitian Pujiana (2014) pengukuran absorbansi *methylene blue* dilakukan pada panjang gelombang 665 nm menggunakan UV-Vis, hal ini sesuai dengan puncak serapan maksimum *methylene blue*.

## 2.5 Keseimbangan Adsorpsi *Methylene Blue*

Menurut Moghaddam (2010), jumlah *methylene blue* teradsorpsi oleh adsorben pada keseimbangan dihitung berdasarkan hubungan berikut:

$$Q_e = \frac{(C_0 - C_e)V}{W} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana  $C_0$  dan  $C_e$  adalah konsentrasi awal dan konsentrasi keseimbangan *methylene blue* dalam larutan (mg/L),  $V$  adalah volume larutan *methylene blue* (L),  $w$  adalah berat adsorben (g) dan  $Q_e$  adalah jumlah massa adsorbat per massa adsorben (mg/g) (Moghaddam, 2010)

Isotermis adsorpsi adalah hubungan yang menunjukkan distribusi adsorbat antara fasa teradsorpsi pada permukaan adsorben dengan fasa ruah saat kesetimbangan pada suhu tertentu (Atkins, 1997). Kualitas material adsorben dipertimbangkan sesuai dengan berapa banyak adsorbat (limbah warna) yang dapat ditarik dan tersisa. Untuk itu biasanya ditentukan logam yang diambil oleh biosorben sebagai jumlah satuan berat adsorbat per satuan berat kering adsorben. Beberapa model kesetimbangan adsorpsi yaitu isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich (Oscik, 1982). Berikut isoterm-isoterm adsorpsi yang dipelajari:

a. Isoterm Langmuir

Model isoterm Langmuir menggunakan pendekatan kinetika, yaitu pada permukaan adsorben terdapat situs-situs aktif bersifat homogen yang proporsional dengan luas permukaan. Isoterm adsorpsi Langmuir didasarkan atas beberapa asumsi, yaitu :

- (1) Adsorpsi hanya terjadi pada lapisan tunggal (monolayer)
- (2) Panas adsorpsi tidak tergantung pada penutupan permukaan, dan semua situs pada permukaannya

Model adsorpsi Langmuir memperkirakan kapasitas adsorpsi maksimum pada seluruh permukaan satu lapisan (*monolayer*) molekul pada permukaan adsorben (Hameed dan R. Krishni, 2009). Langmuir menggambarkan bahwa pada

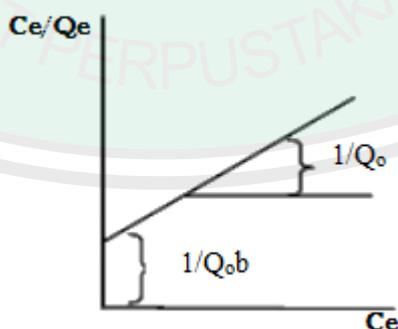
permukaan adsorben terdapat sejumlah tertentu situs aktif yang sebanding dengan luas permukaan. Pada setiap situs aktif hanya ada satu molekul yang dapat diadsorpsi (Khoirunnisa, 2005).

Persamaan isoterm adsorpsi Langmuir dapat diturunkan secara teoritis dengan menganggap terjadinya kesetimbangan antara molekul-molekul zat yang diadsorpsi pada permukaan adsorben dengan molekul-molekul zat yang tidak teradsorpsi (Adamson, 1990). Teori ini juga menganggap proses adsorpsi terjadi secara kimia. Persamaan linear isoterm adsorpsi Langmuir dapat dituliskan sebagai berikut (Kumar, dkk, 2013):

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{Q_o \cdot b} + \frac{C_e}{Q_o} \quad \dots \dots \dots (2.2)$$

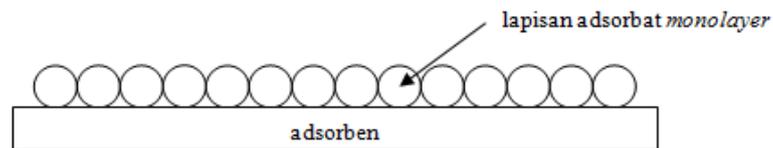
dimana :  $Q_o$  = kapasitas adsorpsi maksimum (mg/g)  
 $b$  = konstanta Langmuir (L/mg)  
 $Q_e$  = jumlah zat teradsorpsi per satuan massa adsorben (mg/g)  
 $C_e$  = konsentrasi sisa (mg/L),

Sehingga dapat disusun menjadi grafik sebagai berikut:



Gambar 2.5 Grafik isotermis adsorpsi Langmuir (Adamson, 1990)

Model isoterm adsorpsi Langmuir dapat disajikan seperti pada Gambar 2.6 (Santhi, 2012):



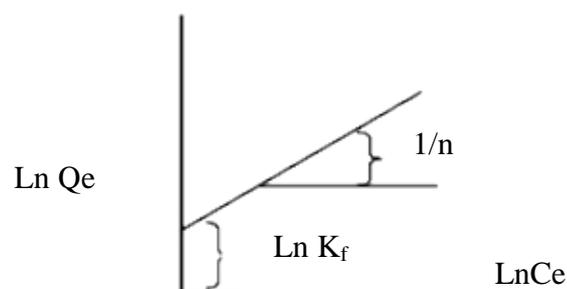
Gambar 2.6 Model isoterm adsorpsi Langmuir

#### b. Persamaan Isoterm Adsorpsi Freundlich

Persamaan isoterm adsorpsi Freundlich didasarkan atas terbentuknya lapisan monolayer dari molekul-molekul adsorbat pada permukaan adsorben. Namun pada adsorpsi Freundlich situs-situs aktif pada permukaan adsorben bersifat heterogen (Handayani, 2009). Persamaan isoterm adsorpsi Freundlich dapat dituliskan sebagai berikut (Kumar, *dkk*, 2013):

$$\ln Q_e = \ln K_f + (1/n) \ln C_e \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana  $K_f$  (mg/g) dan  $n$  adalah konstanta Freundlich menggabungkan semua faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi seperti kapasitas adsorpsi dan intensitas adsorpsi (Kumar, *dkk*, 2013). Konstanta ini ditentukan masing-masing dari perpotongan dan kemiringan linier  $\ln C_e$  terhadap  $\ln Q_e$ . Sehingga dapat dibuat grafik seperti Gambar 2.7. Bentuk linear dapat digunakan untuk menentukan kelinearan data percobaan dengan cara mengplotkan  $\ln Q_e$  vs  $\ln C_e$ .



Gambar 2.7 Grafik isotermis adsorpsi Freundlich

Konstanta Langmuir  $Q_0$  dan konstanta Freundlich  $K_f$  dapat diperoleh dari kemiringan garis lurus (intersep), sedangkan harga  $1/b$  dan  $1/n$  merupakan harga slop. Bila  $b$  dan  $n$  diketahui maka  $Q_0$  dan  $K_f$  dapat dicari, semakin besar harga  $Q_0$  dan  $K_f$  maka daya adsorpsi akan semakin baik dari harga  $Q_0$  dan  $K_f$  yang diperoleh (Adamson, 1990). Nilai slop  $1/n$  dengan range 0-1 merupakan intensitas adsorpsi atau keheterogenan permukaan adsorben, semakin heterogen jika  $1/n$  mendekati 0. Jika nilai  $1/n$  mendekati 1 diasumsikan terjadi isothermal Langmuir dan jika  $1/n$  lebih dari 1 mengindikasikan adsorpsi terjadi secara kooperatif (Kumar, *dkk*, 2013).

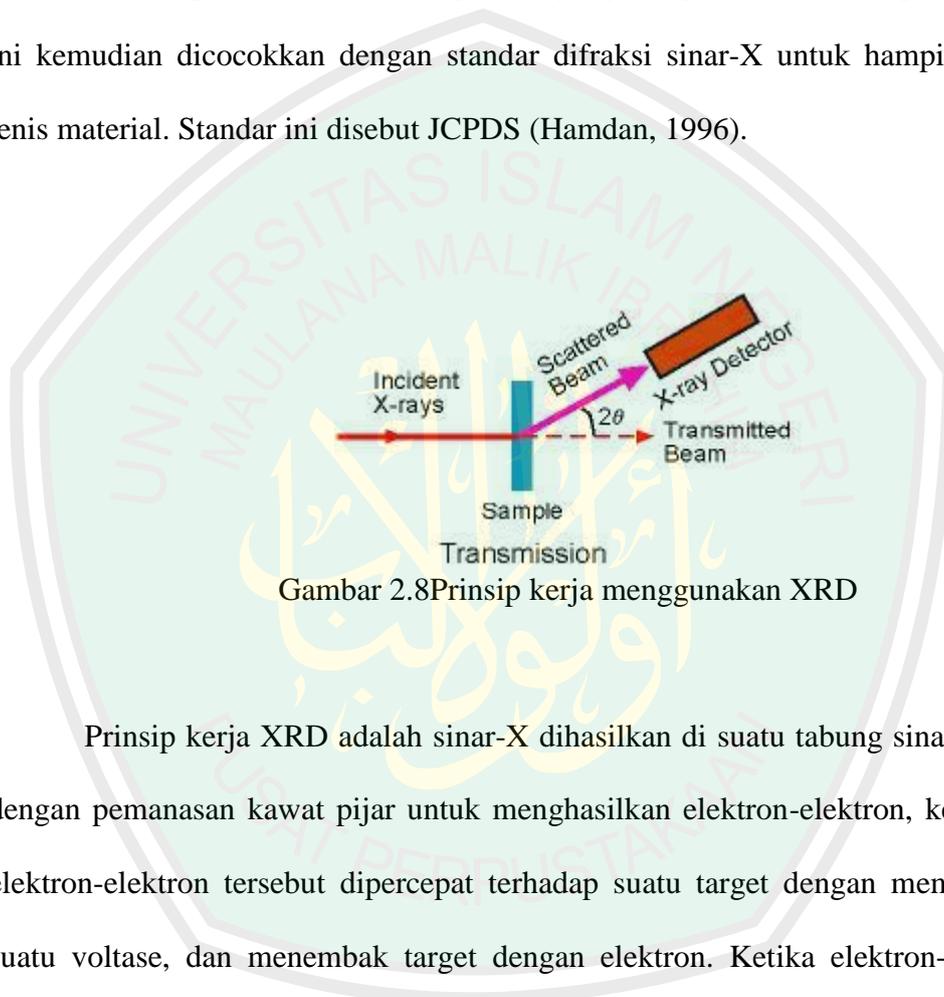
## 2.6 Karakterisasi menggunakan XRD

Difraksisinar X (X-ray Diffractometer) atau yang sering dikenal dengan XRD merupakan instrumen yang digunakan untuk mengidentifikasi material kristalit maupun non-kristalit, sebagai contoh identifikasi struktur kristalit (kualitatif) dan fasa (kuantitatif) dalam suatu bahan dengan memanfaatkan radiasi gelombang elektromagnetik sinar X. Dengan kata lain, teknik ini digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel (Hamdan, 1996). Dasar dari penggunaan difraksi sinar-X untuk mempelajari kisi kristal adalah berdasarkan persamaan Bragg:

$$n \cdot \lambda = 2 \cdot d \cdot \sin \theta ; (n = 1, 2, \dots) \dots\dots\dots (2.4)$$

Berdasarkan persamaan Bragg, jika seberkas sinar-X dijatuhkan pada sampel kristal, maka bidang kristal itu akan membiaskan sinar-X yang memiliki panjang gelombang sama dengan jarak antar kisi dalam Kristal tersebut. Sinar

yang dibiarkan akan ditangkap oleh detektor kemudian diterjemahkan sebagai sebuah puncak difraksi. Makin banyak bidang kristal yang terdapat dalam sampel, makin kuat intensitas pembiasan yang dihasilkannya. Tiap puncak yang muncul pada pola XRD mewakili satu bidang kristal yang memiliki orientasi tertentu dalam sumbu tiga dimensi. Puncak-puncak yang didapatkan dari data pengukuran ini kemudian dicocokkan dengan standar difraksi sinar-X untuk hampir semua jenis material. Standar ini disebut JCPDS (Hamdan, 1996).

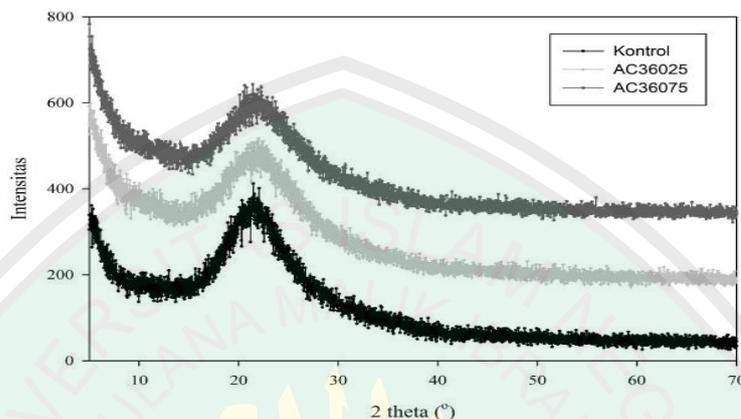


Gambar 2.8 Prinsip kerja menggunakan XRD

Prinsip kerja XRD adalah sinar-X dihasilkan di suatu tabung sinar katode dengan pemanasan kawat pijar untuk menghasilkan elektron-elektron, kemudian elektron-elektron tersebut dipercepat terhadap suatu target dengan memberikan suatu voltase, dan menembak target dengan elektron. Ketika elektron-elektron mempunyai energi yang cukup untuk mengeluarkan elektron-elektron dalam target, karakteristik spektrum sinar-X dihasilkan (Hamdan, 1996).

Penelitian Sapei dkk (2015) mengkarakterisasi silika pada abu sekam padi menggunakan xrd masih bersifat amorf. Hal ini ditunjukkan dari puncak yang landai pada kisaran  $2\theta = 22^\circ$  yang merupakan karakteristik silika *amorf*. Penelitian Pausa dkk (2015) juga menunjukkan hasil difraktogram silika dalam abu

cangkang sawit bahwa Kristal silika kristobalit terlihat pada kisaran  $2\theta = 22,01^\circ$ ,  $28,48^\circ$ ,  $31,47^\circ$  dan  $36,265^\circ$ . Berikut difraktogram silika abu sekam padi disajikan pada Gambar 2.9:



Gambar 2.9 Difraktogram silika dalam abu sekam padi

Gambar 2.9 merupakan difraktogram abu sekam padidengan struktur silika *amorf*. Silika *amorf* dalam berbagai kondisi dianggap lebih reaktif dibanding silika kristalin(Chandra dkk, 2012). Tingkat kereaktifan dari silika *amorf* disebabkan karena adanya gugus hidroksil (silanol) yang didapat setelah pemanasan mencapai temperature  $400^\circ\text{C}$ . Gugus silanol ( $-\text{SiOH}$ ) ini dapat ditemukan di atas permukaan dari sampel silika yang menyebabkan terbentuknya daerah yang reaktif (Kirk-Othmer, 1984).

## **BAB III**

### **METODOLOGI**

#### **3.1 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Mei - Agustus 2015 di laboratorium kimia Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

##### **3.2.1 Alat**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat alat gelas, mortar, neraca analitik, spatula, oven, pengaduk, cawan porselin, pH meter, *shaker*, ayakan 120 mesh, kurs, seperangkat spektrofotometer UV-Vis (*merk varian carry*), dan seperangkat XRD.

##### **3.2.2 Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu dari sabut dan tempurung kelapa, aquades, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (p.a), *Methylene blue* (p.a).

#### **3.3 Rancangan Penelitian**

Penelitian ini dilakukan melalui penelitian eksperimental di Laboratorium. Abu yang digunakan diambil dari hasil pembakaran sabut dan tempurung kelapa pada industri tahu Kota Malang. Pada penelitian ini abu dikarakterisasi dan diaktivasi. Sampel (abu) dikarakterisasi menggunakan XRD untuk mengidentifikasi struktur senyawaan pada sampel abu sabut dan tempurung

kelapa. Abu diaktivasi menggunakan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) 2%, kemudian digunakan untuk mengadsorpsi *Methylene blue*.

### 3.4 Tahapan Penelitian

Adapun tahap penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Preparasi adsorben dari abu sabut dan tempurung kelapa.
2. Aktivasi adsorben abu dengan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ).
3. Adsorpsi *methylene blue* menggunakan abu teraktivasi asam sulfat ( $H_2SO_4$ ).
  - a. Variasi waktu kontak adsorpsi *methylene blue*
  - b. Variasi pH *methylene blue*
  - c. Variasi dosis adsorben
4. Karakterisasi abu tanpa teraktivasi dan teraktivasi dengan menggunakan XRD.

### 3.5 Prosedur Kerja

#### 3.5.1 Preparasi Abu Sabut dan Tempurung Kelapa

Abu sabut dan tempurung kelapa dicuci dengan aquades untuk menghilangkan kotoran-kotorannya, kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu  $110\text{ }^{\circ}\text{C}$  selama 3 jam. Padatan yang dihasilkan dihaluskan menggunakan mortar, selanjutnya diayak dengan ayakan 120 mesh.

#### 3.5.2 Aktivasi dengan Penambahan Larutan $H_2SO_4$

Sebanyak 100 ml larutan  $H_2SO_4$  2% ditambahkan ke dalam 100 gram abu sabut dan tempurung kelapa dalam gelas kimia. Abu direndam selama 24 jam, kemudian disaring menggunakan kertas saring. Residu yang didapat dikeringkan dalam oven pada temperatur  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  dengan waktu pemanasan selama 24 jam.

Residu dicuci sampai filtratnya mempunyai pH 7. Setelah dicuci abu dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C selama 24 jam.

### **3.5.3 Adsorpsi *Methylene Blue* menggunakan Abu sabut dan tempurung kelapa teraktivasi Asam Sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) sebagai adsorben**

#### **3.5.3.1 Penentuan Panjang Gelombang Optimum *Methylene Blue***

Larutan *methylene blue* 5 ppm dicek pH-nya diantara trayek pH 3-12,5 dengan menggunakan pH meter yang telah dikalibrasi. Kemudian diukur panjang gelombang optimumnya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 600-700 nm. Panjang gelombang optimum ditentukan dengan melihat absorbansi terbesar.

#### **3.5.3.2 Penentuan Waktu Kestabilan**

Larutan *methylene blue* 5 ppm dicek pH-nya pada pH optimum dengan menggunakan pH meter yang telah dikalibrasi. Setelah dicek pH-nya, lalu diukur pada menit ke 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 dan 90 dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang optimum. Kemudian dibuat kurva hubungan antara absorbansi dan waktu operasional.

#### **3.5.3.3 Pembuatan Kurva Kalibrasi *Methylene Blue***

Dibuat seri larutan baku *methylene blue* dengan konsentrasi 1, 2, 3, 4, dan 5 ppm. Dicek pH-nya pada pH optimum menggunakan pH meter yang telah dikalibrasi. Kemudian diukur absorbansi masing-masing larutan pada panjang gelombang optimum dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis kemudian dibuat kurva

standar yang menyatakan hubungan konsentrasi dan absorbansi, maka akan diperoleh persamaan garis  $y = ax + b$ .

#### **3.5.3.4 Variasi Waktu Kontak Adsorpsi *Methylene Blue***

Abu yang dihasilkan setelah proses aktivasi adalah abu teraktivasi asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) 2% yang selanjutnya digunakan untuk adsorpsi *Methylene blue*. Daya adsorpsi abu sabut dan tempurung kelapa terhadap *Methylene blue* ditentukan dengan cara dimasukkan 50 mL *methylene blue* 16 ppm ke dalam erlenmeyer yang berisi 0,5 g abu masing-masing tanpa aktivasi dan yang teraktivasi asam sulfat 2%, kemudian ditutup aluminium foil, sampel dishaker (100 rpm) dengan variasi waktu 15, 30, 45, 60, 75, 90, dan 105 menit. Kemudian dilakukan penyaringan dan *methylene blue* sisa, diukur konsentrasi dan absorbansinya dengan metode spektroskopi UV-Vis. Pengukuran konsentrasi dan absorbansi *methylene blue* dengan spektroskopi UV-Vis dilakukan pada panjang gelombang optimum.

#### **3.5.3.5 Variasi pH Adsorpsi *Methylene Blue***

Disiapkan larutan 50 mL *Methylene Blue* 16 ppm dengan variasi pH 3, 5, 7, 9, dan 11 kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang berisi 0,5 gram abu yang teraktivasi  $H_2SO_4$  2%. Kemudian ditutup aluminium foil, sampel dishaker 100 rpm selama waktu kontak optimum, setelah itu dilakukan penyaringan dan *methylene blue* sisa, diukur konsentrasi dan absorbansinya dengan metode spektroskopi UV-Vis pada panjang gelombang optimum.

### 3.5.3.6 Variasi Dosis Adsorben Adsorpsi *Methylene Blue*

Disiapkan larutan 50 mL *Methylene Blue* 16 ppm dengan pH optimum larutan dan dimasukkan ke dalam masing-masing erlenmeyer yang berisi 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; dan 2,5 gram abu yang teraktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2%. Kemudian ditutup aluminium foil, sampel dishaker 100 rpm selama waktu kontak optimum, setelah itu dilakukan penyaringan dan *methylene blue* sisa, diukur konsentrasi dan absorbansinya dengan metode spektroskopi UV-Vis pada panjang gelombang optimum.

### 3.5.3.7 Penentuan Isotermis Adsorpsi dan Kapasitas Adsorpsi

Untuk penentuan isotermis adsorpsi dan kapasitas adsorpsi, disiapkan larutan masing-masing 50 mL larutan *Methylene Blue* dengan variasi konsentrasi dari 10, 20, 30, 40, dan 50 ppm dengan pH optimum. Kemudian dimasukkan kedalam Erlenmeyer yang berisi abu teraktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2% dengan dosis optimum. Kemudian ditutup aluminium foil, sampel dishaker 100 rpm selama waktu kontak optimum, setelah itu dilakukan penyaringan dan filtratnya diukur konsentrasi dan absorbansinya dengan metode spektroskopi UV-Vis pada panjang gelombang optimum.

Proses adsorpsi dievaluasi dari keadaan optimum adsorpsi *methylene blue* menggunakan abu yang diperoleh dari perlakuan diatas dengan menggunakan dua model isoterm yakni model Langmuir dan model Freundlich. Persamaan adsorpsi isoterm Langmuir dibuat dengan memplotkan hubungan antara  $C_e$  dengan  $C_e/Q_e$  sehingga diperoleh nilai  $R^2$  dari persamaan garis  $y = ax + b$  dan dikonversikan dengan persamaan 2.2. Data adsorpsi yang diperoleh juga dimasukkan untuk

penentuan persamaan adsorpsi isoterm Freundlich yaitu memplotkan hubungan antara  $\ln C_e$  dengan  $\ln Q_e$  dan diperoleh persamaan garis dan nilai regresi linear kemudian dikonfersikan ke dalam persamaan 2.3. Nilai regresi linear yang mendekati 1 merupakan isotermis adsorpsi yang baik. Untuk kapasitas adsorpsi ditentukan dari persaman garis isotermis Langmuir dan Freundlich.

#### **3.5.4 Karakterisasi Abu Sabut dan Tempurung Kelapa Menggunakan XRD**

Analisis XRD merupakan metode yang dapat memberikan informasi mengenai sifat kristalinitas dan fasa mineral yang terdapat dalam suatu sampel. Abu dari sabut dan tempurung kelapa yang sebelum dan sesudah teraktivasi  $H_2SO_4$  2% dianalisis menggunakan XRD. Abu digerus sampai halus kemudian dipreparasi lebih lanjut menjadi lebih padat dalam suatu holder kemudian holder tersebut diletakkan pada alat XRD dan diradiasi dengan Sinar X. Data hasil penyinaran Sinar X berupa spektrum difraksi Sinar X dideteksi oleh detektor dan kemudian data difraksi tersebut direkam dan dicatat oleh komputer dalam bentuk grafik peak intensitas. Analisis data menggunakan metode *Search-Match* dengan membandingkan difraktogram standar JCPDS dan analisa *Refinement* menggunakan metode *Le Bail*.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini disajikan hasil penelitian dan pembahasan tentang aktivasi adsorben menggunakan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ), kemudian dilanjutkan dengan mengkaji kondisi optimum adsorpsi berdasarkan waktu kontak, pH, dosis abu sabut dan tempurung kelapa, serta mengkaji isoterms adsorpsi dan kapasitas adsorpsi terhadap adsorpsi *methylene blue* (MB) oleh abu sabut dan tempurung kelapa yang teraktivasi, dan juga analisa struktur kristal pada abu sabut dan tempurung kelapa dengan menggunakan XRD

#### 4.1 Preparasi Abu Sabut dan Tempurung Kelapa

Abu sabut dan tempurung kelapa memiliki kandungan senyawa aktif yang sama dengan abu layang yaitu berupa senyawa  $SiO_2$  yang sering digunakan sebagai adsorben, sehingga abu sabut tempurung kelapa juga memiliki potensi yang sama menjadi adsorben. Dalam penelitian ini, abu sabut dan tempurung kelapa diambil dari industri tahu Kota Malang. Pada tahap awal abu dipreparasi dengan cara dicuci menggunakan aquades untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang menempel pada abu sabut dan tempurung kelapa. Kemudian abu dikeringkan menggunakan oven pada suhu  $110\text{ }^{\circ}C$  selama 3 jam untuk menguapkan kandungan air pada pori-pori abu. Abu yang sudah kering dihaluskan dan selanjutnya diayak dengan ayakan 120 mesh agar ukuran abu sabut dan tempurung kelapa menjadi homogen. Jika ukuran abu tidak homogen maka akan

menyebabkan daerah kontak adsorpsi pada permukaan abu menjadi bervariasi sehingga proses adsorpsi menjadi kurang optimal (Irawan, 2014). Selain itu, abu sabut dan tempurung kelapa diayak untuk mempermudah interaksi antara abu dengan bahan pengaktif pada proses aktivasi. Makin kecil ukuran partikel yang digunakan maka semakin luas permukaannya, sehingga kecepatan adsorpsi semakin besar.

#### 4.2 Aktivasi Abu dengan Penambahan Larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2%

Kandungan silikon, kalium, dan oksigen pada abu sabut dan tempurung kelapa lebih tinggi dibandingkan dengan Na, Mg, S, Ca, P, dan Cl, jika diurutkan berdasarkan % nya maka Si > K > O > Ca > P > Mg > Na > Cl > S > Al. Hasil EDX abu sabut dan tempurung kelapa disajikan pada Tabel 4.1 (Pujiana, 2014):

Dari hasil EDX menunjukkan kandungan silika pada abu sabut dan tempurung kelapa sebesar 20,19% sehingga abu sabut dan tempurung kelapa pada penelitian ini mampu digunakan sebagai adsorben. Jumaeri (1995) menggunakan abu layang sebagai adsorben karena kandungan silika yang cukup besar dan menandakan banyaknya situs aktif dari permukaan abu yang dapat berinteraksi dengan adsorbat, seperti *methylene blue*. Proses adsorpsi dapat berlangsung secara efektif apabila ada kesesuaian sifat antara adsorben dengan adsorbat. Bila sisi aktif berupa kation, maka adsorpsi maksimal terjadi pada spesies adsorbat yang berupa anion, demikian juga sebaliknya.

Dalam penelitian ini, sebelum digunakan dalam proses adsorpsi, abu sabut dan tempurung kelapa diaktivasi terlebih dahulu menggunakan asam sulfat 2%, konsentrasi yang digunakan tidak tinggi karena penambahan asam pada

konsentrasi tinggi dapat menyebabkan terjadi kerusakan struktur yang akan diikuti oleh pemutusan gugus siloksan (Si-O-Si) menjadi silanol (-Si-OH), yang merupakan gugus aktif untuk berinteraksi dengan adsorbat (Nuryono, 2002).

Tabel 4.1 Kandungan unsur-unsur pada abu sabut dan tempurung kelapa

<b>Unsur</b>	<b>Berat (%)</b>
O (oksigen)	16,95
Na (natrium)	2,67
Mg (magnesium)	3,15
Al (aluminium)	0,65
Si (silikon)	20,19
P (fosfor)	3,31
K (kalium)	18,36
Cl (klorida)	1,77
S (belerang)	1,43
Ca (kalsium)	9,51

Sumber: Pujiana (2014)

Tahap awal dari proses aktivasi abu sabut dan tempurung kelapa yang sudah dipreparasi ini adalah tahap perendaman abu menggunakan larutan asam sulfat. Asam sulfat digunakan sebagai pengaktif untuk mengaktifasi abu, dengan tujuan untuk menukar kation yang ada di dalam abu sabut dan tempurung kelapa menjadi ion  $H^+$  dan melarutkan kotoran mineral seperti ion Al, Fe, Mg, dan pengotor-pengotor lainnya dari kisi-kisi struktur (Widihati, 2008). Perendaman abu selama 24 jam untuk memaksimalkan proses pengaktifan abu oleh larutan asam, selain asam sulfat sebagai aktivator yang cukup baik karena mempunyai jumlah ion  $H^+$  yang lebih banyak dari asam-asam yang lainnya (HCl dan  $HNO_3$ ), asam sulfat juga memiliki sifat higroskopis yang dapat menyerap kandungan air yang terdapat pada abu selama perendaman.

Abu yang telah diinteraksikan dengan senyawa aktivator asam sulfat selanjutnya disaring menggunakan kertas saring, dan residu yang dihasilkan dikeringkan pada suhu 60 °C selama 24 jam untuk menguapkan kandungan air selama proses perendaman, sehingga diperoleh abu sabut dan tempurung kelapa teraktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> yang sudah kering.

Perlakuan aktivasi dengan menggunakan larutan asam dapat melarutkan pengotor pada material abu tersebut sehingga mulut pori menjadi lebih terbuka, akibatnya secara fisik luas permukaan spesifik porinya menjadi meningkat. Selain itu, situs aktifnya juga mengalami peningkatan karena situs yang tersembunyi menjadi terbuka dan kemungkinan juga akan memunculkan situs aktif baru akibat reaksi pelarutan yang menukar kation yang ada di dalam abu sabut dan tempurung kelapa menjadi ion H<sup>+</sup> dari larutan asam. Menurut Siska (2008) bahwa aktivasi abu menggunakan asam sulfat mampu mengalami pertukaran yang menggantikan kation dalam struktur abu dengan ion H<sup>+</sup> yang merupakan golongan asam Bronsted.

Tingginya daya serap zat warna berkaitan dengan efektivitas suatu zat sebagai adsorben. Tingginya daya serap tergantung pada kondisi optimum proses aktivasi yang meliputi konsentrasi zat pengaktivasi, jenis zat pengaktivasi, dan lamanya waktu aktivasi. Proses aktivasi yang optimum ditandai dengan semakin banyaknya situs aktif pada adsorben sehingga saat mengadsorpsi adsorbat diperoleh persentase daya serapnya lebih besar.

### 4.3 Adsorpsi *Methylene Blue* Menggunakan Abu Sabut dan Tempurung Kelapa Teraktivasi Asam Sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ 2%) Sebagai Adsorben

#### 4.3.1 Penentuan Panjang Gelombang Optimum *Methylene Blue*

Penentuan panjang gelombang Optimum *methylene blue* pada penelitian ini dilakukan pada range 600-700 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Panjang gelombang optimum adalah panjang gelombang yang memiliki kepekaan yang optimum, bentuk kurva absorbansi datar dan pada kondisi tersebut hukum Lambert-Beer akan terpenuhi, serta jika dilakukan pengukuran ulang maka kesalahan yang disebabkan oleh pemasangan ulang panjang gelombang akan sangat kecil. Alasan menggunakan range panjang gelombang 600-700 nm pada penelitian ini dikarenakan *methylene blue* yang mempunyai warna komplementer berupa warna biru mempunyai spektrum cahaya pada panjang gelombang daerah visibel yaitu antara 500-700 nm, sehingga pada penentuan panjang gelombang maksimumnya digunakan range pada daerah panjang gelombang tersebut.

Penentuan panjang gelombang *methylene blue* pada penelitian ini dilakukan dengan pengaturan pH. Berdasarkan penelitian Pujiana (2014), bahwa pH optimum *methylene blue* adalah pH 3 dengan panjang gelombang 665,1 nm, maka pada penelitian ini menggunakan pH 3 pada larutan untuk penentuan panjang gelombang optimum *methylene blue*. Hasil dari penentuan panjang gelombang *methylene blue* pada pH 3 adalah 664,9 nm dengan absorbansi 0,917. *Methylene blue* yang merupakan molekul terkonjugasi (yakni molekul yang memiliki suatu deretan ikatan rangkap yang berselang-seling) memiliki pasangan elektron  $\pi$  yang mudah dieksitasikan ke orbital yang lebih tinggi. Suatu transisi dilambangkan dengan  $\pi - \pi^*$  bila sebuah elektron  $\pi$  ditingkatkan dari suatu orbital bonding ke suatu orbital antibonding. Pengabsorpsian energi dalam transisi ini

lebih kuat dari pada dalam transisi  $\sigma-\sigma^*$  dalam *methylene blue* yang memiliki molekul terkonjugasi.

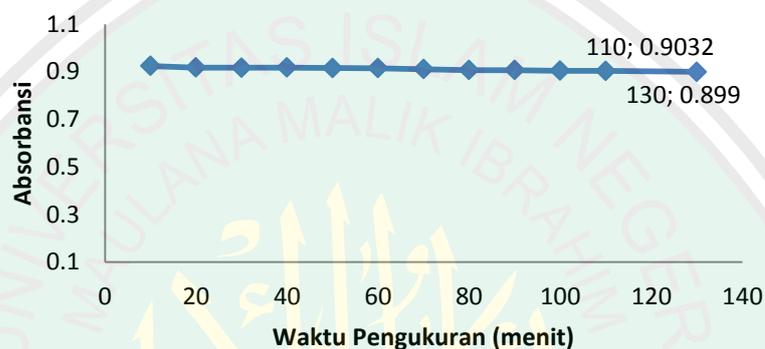
Jenis konjugasi dihubungkan dengan sistem yang mengandung ikatan yang berganti-ganti rangkap dan tunggal. Dalam sistem ini terjadi overlap orbital  $\pi$ . Hal ini terjadi pemisahan energi antara tingkat dasar ke tingkat tereksitasi berkurang dan sistem menyerap pada panjang gelombang yang lebih panjang. Terjadinya resonansi pada sistem terkonjugasi mencerminkan fakta bahwa elektron dalam suatu sistem terkonjugasi kurang kuat terikat daripada dalam suatu system tak terkonjugasi (Day dan Underwood, 2002)

#### 4.3.2 Penentuan Waktu Kestabilan

Penentuan waktu kestabilan bertujuan untuk mengetahui waktu pengukuran optimum dan stabil oleh *methylene blue*. Penentuan waktu kestabilan diperoleh dari hubungan antara waktu pengukuran dengan absorbansi larutan *methylene blue*. Tahap pengukuran waktu kestabilan larutan *methylene blue* dilakukan dengan memberi variasi waktu kemudian diukur absorbansi masing-masing variasi waktu kestabilan pada panjang gelombang maksimum dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

Menurut Gandjar dan Rohman (2012), bahwa saat awal terjadinya reaksi, absorbansi senyawa yang berwarna ini meningkat sampai waktu tertentu hingga diperoleh absorbansi yang stabil. Semakin lama waktu pengukuran, dimungkinkan senyawa berwarna menjadi rusak atau terurai sehingga intensitas warnanya turun, akibatnya absorbansinya juga turun. Karena alasan ini, maka untuk pengukuran senyawa yang berwarna harus dilakukan saat waktu kestabilannya.

Penentuan waktu kestabilan diukur pada menit ke 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110 dan 130 dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang optimum. Hasil yang diperoleh berupa kurva hubungan antara waktu pengukuran dengan absorbansi, seperti pada Gambar 4.1 :



Gambar 4.1 Kurva hubungan antara waktu pengukuran dengan absorbansi *methylene blue*

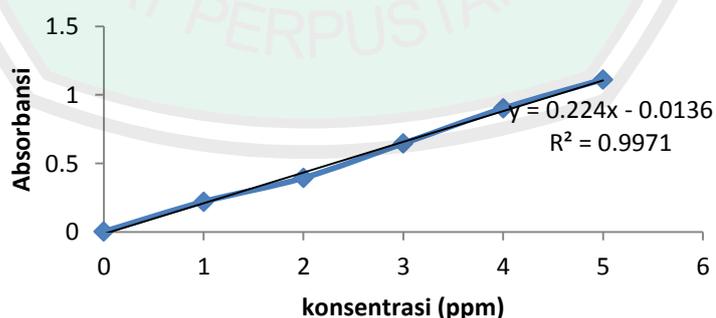
Gambar 4.1 menunjukkan bahwa waktu kestabilan (waktu operasi) *methylene blue* berada pada rentang waktu 10 menit sampai 110 menit, karena setelah menit ke 110 absorbansi *methylene blue* menurun. Oleh sebab itu analisis *methylene blue* menggunakan spektrofotometer UV-Vis dilakukan pada waktu kestabilan yaitu pada menit ke 10-110 untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.

### 4.3.3 Pembuatan Kurva Baku

Pembuatan kurva baku dilakukan dengan membuat beberapa variasi konsentrasi *methylene blue* yaitu 0, 1, 2, 3, 4 dan 5 ppm. Selanjutnya pengukuran dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang

gelombang optimum yaitu 664,9 nm. Tujuan dalam pembuatan kurva baku adalah untuk membuat kurva hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi *methylene blue*. Menurut hukum Lambert-Beer, intensitas yang diteruskan oleh larutan zat penyerap berbanding lurus dengan konsentrasi larutan.

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi larutan *methylene blue* yang digunakan, semakin meningkat pula nilai absorbansinya. Hal ini dikarenakan penyerapan warna pada konsentrasi yang pekat semakin kecil. Hasil pembuatan kurva baku larutan *methylene blue* ini telah memenuhi hukum Lambert-Beer yang telah dikemukakan sebelumnya. Dari kurva baku diperoleh persamaan regresi linear, yaitu  $y = 0,224x - 0,0136$  dengan  $R^2 = 0,9971$  dimana  $y$  adalah absorbansi dan  $x$  adalah konsentrasi *methylene blue*. Berdasarkan nilai koefisien regresi  $R^2$  yang hampir mendekati 1, maka hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi menjadi sangat linear dan sesuai dengan hukum Lambert-Beer. Hasil dari pembuatan kurva baku larutan *methylene blue* adalah seperti Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Kurva hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi *methylene blue*

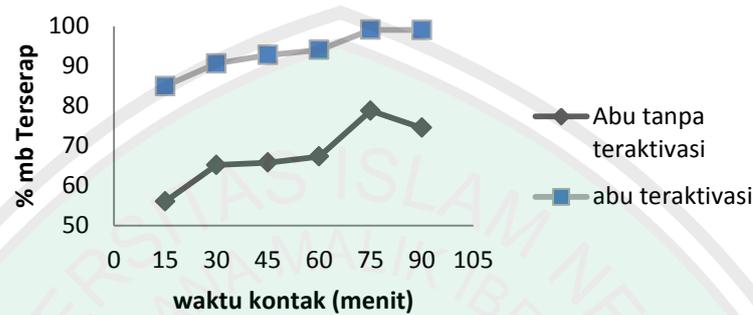
Persamaan regresi linear pada Gambar 4.2 dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi *methylene blue* setelah pengukuran absorbansi *methylene blue* teradsorpsi abu sabut dan tempurung kelapa. Pengukuran absorbansi dilakukan dengan spektrofotometer UV-Vis, hal ini dikarenakan *methylene blue* adalah senyawa berwarna (Amalia, 2012). Menurut Yudi (2011), warna dari *methylene blue* disebabkan oleh perpanjangan sistem konjugasi, dimana hal ini dapat terjadi karena sistem konjugasi akan mengecilkan jarak antara tingkat energi dasar ke tingkat energi tereksitasi. Jarak yang kecil akan menyebabkan energi yang diperlukan untuk melakukan eksitasi elektron dari keadaan dasar ke keadaan yang lebih tinggi (keadaan eksitasi) akan berkurang, sehingga akan menyebabkan panjang gelombang sinar UV-Vis yang diperlukan dalam terjadinya serapan akan meningkat.

#### **4.3.4 Waktu Kontak Optimum**

Variasi waktu kontak dilakukan untuk mengetahui berapa lama waktu optimum yang dibutuhkan oleh adsorben abu sabut dan tempurung kelapa untuk mengadsorpsi *methylene blue* hingga keadaan kesetimbangan. Waktu kontak merupakan lamanya waktu yang dibutuhkan untuk berinteraksi pada proses adsorpsi antara abu sabut dan tempurung kelapa sebagai adsorben dan *methylene blue* sebagai adsorbat. Semakin lama waktu kontak dapat memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik.

Variasi waktu kontak yang digunakan dalam penelitian ini adalah 15, 30, 45, 60, 75, dan 90 menit. Penelitian ini dilakukan pada konsentrasi adsorbat 16 ppm dengan massa adsorben 0,5 g dan kecepatan pengadukan 100 rpm. Variasi

waktu kontak dilakukan karena waktu kontak mempengaruhi kesetimbangan adsorpsi. Waktu kontak dapat mempengaruhi gaya tarik-menarik atau interaksi antara adsorben dan adsorbat seperti gaya Van Der Waals dan gaya elektrostatik.



Gambar 4.3 Kurva hubungan % *methylene blue* terserap dengan waktu kontak

Dari data yang dihasilkan, hubungan antara waktu kontak dan persentase teradsorpsinya *methylene blue* oleh abu sabut dan tempurung kelapa dapat dilihat pada Gambar 4.3. Pada waktu kontak 15 sampai 75 menit persentase adsorpsi mengalami kenaikan karena waktu kontak lebih lama menyebabkan interaksi antara abu sabut dan tempurung kelapa dengan *methylene blue* menjadi lebih besar. Penurunan persentase adsorpsi *methylene blue* terjadi pada menit 75-90 menit karena perbedaan konsentrasi *methylene blue* yang terserap pada permukaan abu lebih besar daripada konsentrasi *methylene blue* yang tetap berada dalam larutan, sehingga pada waktu kontak tersebut menyebabkan zat warna *methylene blue* yang sudah terserap pada abu akan lepas kembali dalam larutan.

Dari data yang dihasilkan, kondisi optimum untuk waktu kontak adsorpsi *methylene blue* oleh adsorben abu, baik abu tanpa teraktivasi maupun teraktivasi  $H_2SO_4$  adalah selama 75 menit. Dari perbandingan hasil waktu kontak

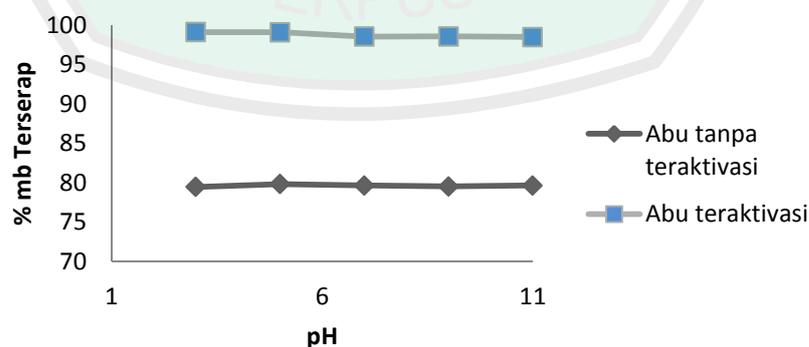
optimum adsorpsi *methylene blue* kedua abu adalah sama, namun yang membedakan adalah hasil persentase terserapnya *methylene blue* dalam abu tanpa teraktivasi dan teraktivasi  $H_2SO_4$  yaitu masing-masing sebesar 78,81% dan 99,1%. Hal ini disebabkan karena abu yang teraktivasi memiliki situs aktif yang lebih banyak. Hasil aktivasi abu dapat ditunjukkan dari analisa XRD pada Tabel 4.2, dimana pada  $2\theta$  40,7336 dan 40,8368 yang merupakan senyawaan yang kemungkinan menutupi situs aktif pada adsorben mengalami kerusakan senyawa atau terlarut dalam asam sulfat saat dilakukan aktivasi. Selain itu, proses aktivasi menunjukkan banyaknya situs aktif baru pada  $2\theta$  28,8177 sampai  $2\theta$  35,7222, sehingga persentase adsorpsi yang diberikan lebih besar daripada abu tanpa aktivasi.

#### 4.3.5 pH Optimum

Dalam proses adsorpsi, ionisasi adsorbat tergantung kondisi pH-nya. Variasi pH pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh derajat keasaman terhadap adsorpsi *methylene blue* menggunakan abu sabut dan tempurung kelapa. Variasi pH larutan *methylene blue* dilakukan pada pH 3, 5, 7, 9 dan 11 dengan tujuan untuk mengetahui pH optimum yang dibutuhkan oleh adsorben dalam mengadsorpsi *methylene blue*, serta untuk mengetahui pola adsorpsi yang terjadi secara fisika maupun kimia. Penelitian ini dilakukan pada konsentrasi adsorbat 16 ppm dengan massa adsorben 0,5 g dan kecepatan pengadukan 100 rpm selama waktu kontak optimum 75 menit.

Hubungan antara pH larutan *methylene blue* dengan persentase *methylene blue* yang teradsorp pada abu teraktivasi maupun tanpa teraktivasi

dapat ditunjukkan pada Gambar 4.4. Hasilnya menunjukkan bahwa proses adsorpsi tidak dipengaruhi oleh kondisi pH, sehingga dapat diasumsikan adsorpsi *methylene blue* terjadi secara fisika yaitu terjadi interaksi elektrostatik antara *methylene blue* dengan situs aktif pada permukaan adsorben abu. Hasil persentase adsorpsi juga menunjukkan bahwa abu teraktivasi memiliki persen *methylene blue* terserap lebih besar daripada abu tanpa teraktivasi karena perlakuan aktivasi abu dapat melarutkan pengotor yang menutupi situs aktif, sedangkan abu tanpa teraktivasi dimungkinkan masih banyak pengotor yang menutupi situs aktif untuk berinteraksi dengan *methylene blue*. Hal ini juga ditunjukkan pada data analisa XRD Tabel 4.2 bahwa abu teraktivasi memiliki situs aktif lebih banyak yaitu pada  $2\theta$  28,8177 sampai  $2\theta$  35,7222 yang menyebabkan adsorpsi yang lebih baik daripada abu tanpa teraktivasi. Persentase adsorpsi *methylene blue* terbaik pada pH 3 untuk abu teraktivasi dan pH 5 untuk abu tanpa teraktivasi dengan nilai persentase adsorpsi masing-masing 99,1% dan 79,82%, sehingga untuk perlakuan selanjutnya dilakukan adsorpsi *methylene blue* pada pH terbaik



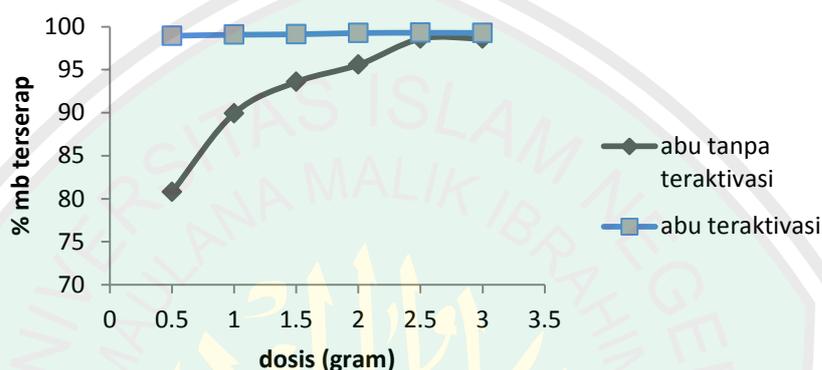
Gambar 4.4 Kurva hubungan antara % *methylene blue* terserap dengan pH larutan

#### 4.3.6 Dosis Adsorben Optimum

Dosis adsorben merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi. Semakin banyak dosis adsorben yang digunakan semakin efektif proses adsorpsi yang terjadi. Pada penelitian ini dilakukan variasi dosis adsorben abu sabut dan tempurung kelapa sebesar 0,5 g; 1,0 g; 1,5 g; 2,0 g; 2,5 g; dan 3,0 g dengan tujuan untuk mengetahui dosis adsorben optimum dalam mengadsorpsi *methylene blue*. Adsorpsi zat warna ini menggunakan waktu kontak optimum selama 75 menit, pH optimum (pH 3 untuk abu teraktivasi dan pH 5 untuk abu tanpa teraktivasi) dalam konsentrasi larutan *methylene blue* 16 ppm, dengan kecepatan pengadukan 100 rpm.

Kurva hubungan antara % *methylene blue* terserap dengan dosis adsorben disajikan pada Gambar 4.5. Dapat diamati bahwa persentase *methylene blue* yang terserap oleh abu teraktivasi memberikan hasil adsorpsi maksimal pada penggunaan dosis adsorben 0,5 g karena pada dosis tersebut *methylene blue* yang teradsorpsi memiliki nilai persentase maksimal yaitu mencapai 100%, untuk dosis 1-3 gram juga memiliki persentase *methylene blue* yang mencapai 100%, sehingga dosis adsorben yang digunakan untuk adsorpsi *methylene blue* selanjutnya adalah dosis terkecil 0,5 gram karena dengan dosis sedikit sudah memberikan nilai persentase adsorpsi *methylene blue* yang maksimal seperti persentase penyerapan yang diberikan pada dosis 1-3 gram adsorben. Hal ini dikarenakan pada abu yang teraktivasi mempunyai situs aktif berupa pori-pori yang lebih banyak untuk berinteraksi menyerap zat warna, sehingga dengan dosis adsorben yang kecil dapat menyerap adsorbat dengan maksimal. Hasil adsorpsi *methylene blue* menggunakan abu tanpa teraktivasi menunjukkan dosis optimumnya sebesar 2,5

gram. Hal ini menunjukkan semakin banyak adsorben yang digunakan maka semakin besar persentase *methylene blue* yang terserap. Namun adsorpsi menggunakan abu tanpa teraktivasi membutuhkan dosis adsorben yang cukup besar untuk melakukan adsorpsi secara maksimal.



Gambar 4.5 Kurva hubungan antara % *methylene blue* terserap dengan dosis adsorben

Persentase *methylene blue* yang terserap sebesar 98,59 % untuk abu tanpa teraktivasi dan 98,94 % untuk abu teraktivasi. Pada abu tanpa teraktivasi memiliki situs aktif ( $\text{SiO}_2$ ) pada 20 28,5832, selain itu ada senyawaan KCl pada 20 40,7336, 40,8368 dan  $\text{HNaCO}_3$  pada 20 50,4857 yang kemungkinan menutupi pori-pori situs aktif, sehingga proses adsorpsi terjadi kurang maksimal daripada abu teraktivasi yang memiliki situs aktif yang lebih banyak pada 20 28,2709 sampai 35,7222.

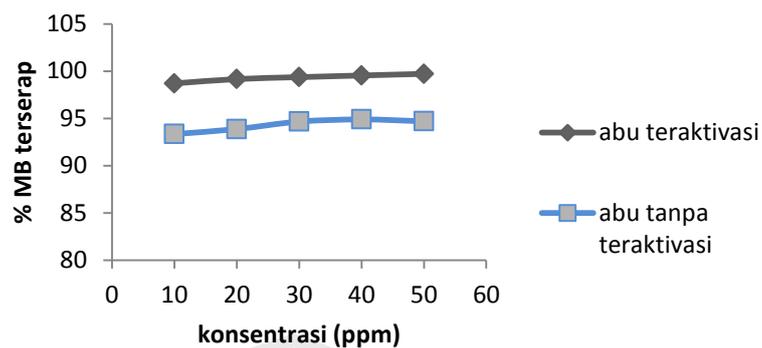
#### 4.3.7 Isotermal Adsorpsi dan Kapasitas Adsorpsi

Model isotermis adsorpsi yang terjadi pada abu dari sabut dan tempurung kelapa terhadap *methylene blue* dapat diketahui dengan menguji

persamaan regresi linear isotermis adsorpsi Langmuir dan persamaan isotermis Freundlich. Isotermis adsorpsi Langmuir memiliki asumsi bahwa adsorben mempunyai permukaan yang homogeny. Setiap molekul adsorben hanya dapat mengadsorpsi satu molekul adsorbat (*monolayer*). Teori isotermis Langmuir ini juga berlaku untuk adsorpsi kimia yaitu membentuk lapisan *monolayer* (P'erez-Mar'in, 2007).

Asumsi isotermis adsorpsi Freundlich adalah adsorben mempunyai permukaan yang heterogen. Setiap molekul adsorben mempunyai potensi penyerapan yang berbeda-beda (*multilayer*). Asumsi isotermis Freundlich ini berlaku untuk adsorpsi fisika yaitu membentuk lapisan *multilayer* (Kriswiyanti dan Danarto, 2007). Isotermis adsorpsi ini dilakukan dengan memvariasi konsentrasi *methylene blue* yaitu 10, 20, 30, 40 dan 50 ppm. Adsorpsi zat warna ini menggunakan kondisi optimum yaitu waktu kontak selama 75 menit, pH 3 (abu teraktivasi), pH 5 (abu tanpa teraktivasi), 0,5 gram dosis abu teraktivasi dan abu tanpa teraktivasi dengan dosis 2,5 g dengan kecepatan pengadukan 100 rpm.

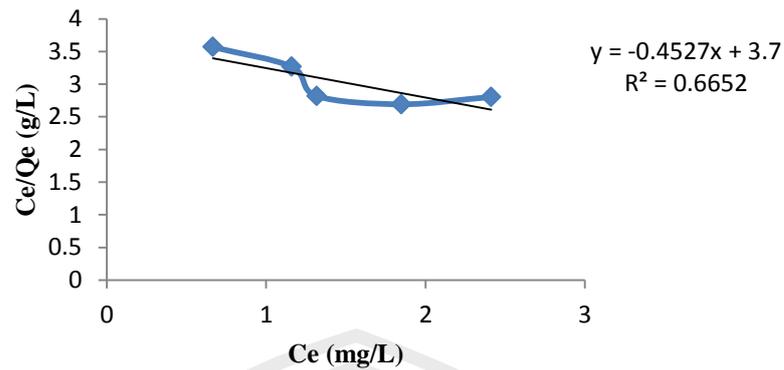
Kurva hubungan antara konsentrasi *methylene blue* dengan persentase *methylene blue* terserap disajikan pada Gambar 4.6. Dapat dilihat bahwa semakin besar konsentrasi dari *methylene blue* maka semakin besar pula persentase *methylene blue* yang teradsorpsi oleh abu. Hal ini menjelaskan bahwa semakin besarnya konsentrasi adsorbat maka peluang terjadinya adsorpsi juga semakin besar.



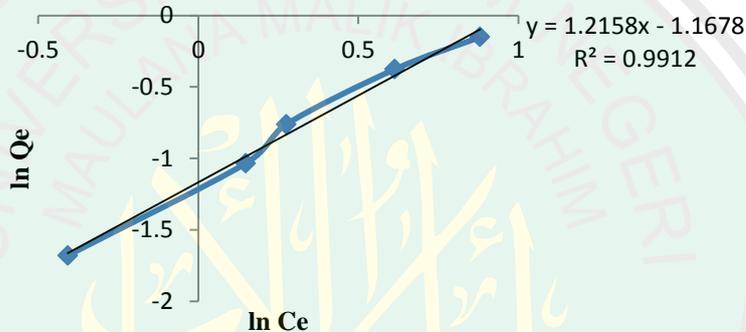
Gambar 4.6 Kurva hubungan konsentrasi MB dengan % MB terserap

Persentase terbesar teradsorpsinya *methylene blue* oleh abu teraktivasi adalah pada konsentrasi 50 ppm yaitu sebesar 99,81% dengan kapasitas adsorpsi 4,533 mg/g, sedangkan adsorpsi menggunakan abu tanpa teraktivasi, persentase terbesar pada konsentrasi *methylene blue* 50 ppm yaitu sebesar 94,89% dengan kapasitas adsorpsi 0,86 mg/g.

Penentuan persamaan isoterms adsorpsi Langmuir dapat diperoleh dengan menghubungkan antara nilai konsentrasi adsorbat pada saat kesetimbangan ( $C_e$ ) serta konsentrasi adsorbat saat kesetimbangan per banyaknya zat yang terserap per satuan berat adsorben ( $C_e/Q_e$ ). Penentuan isoterms adsorpsi Freundlich dapat diperoleh dengan memplotkan antara  $\ln C_e$  dan  $\ln Q_e$ . Data selengkapnya dipaparkan pada Lampiran 4. Persamaan isoterms adsorpsi *methylene blue* pada abu tanpa teraktivasi dapat disajikan pada Gambar 4.7 dan 4.8 berikut:



Gambar 4.7 Kurva persamaan isothermis Langmuir abu tanpa teraktivasi

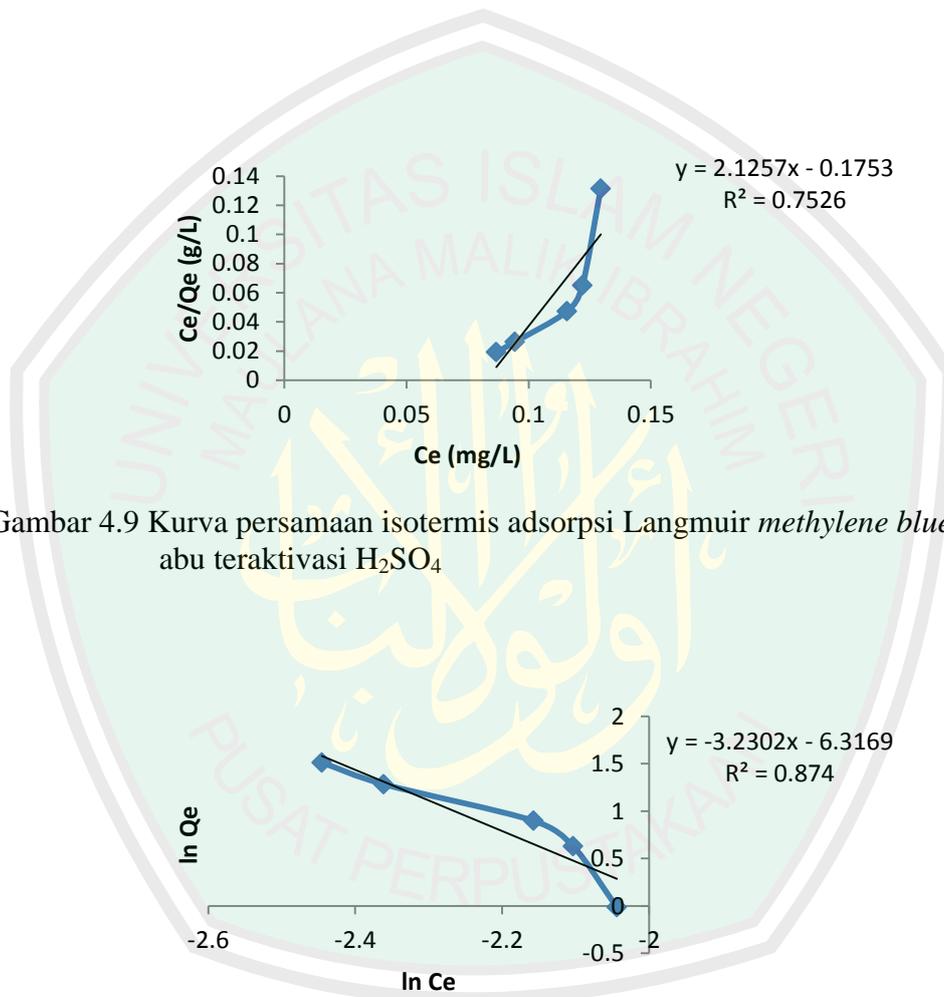


Gambar 4.8 Kurva persamaan isothermis Freundlich abu tanpa teraktivasi

Penentuan persamaan isothermis adsorpsi Langmuir dan Freundlich dapat diketahui dengan cara melihat nilai  $R^2$ . Isothermis adsorpsi *methylene blue* pada abu sabut dan tempurung kelapa tanpa teraktivasi mengikuti persamaan yang mempunyai nilai  $R^2$  mendekati 1. Hasil perbandingan nilai  $R^2$  dari persamaan isothermis adsorpsi Langmuir dan Freundlich menunjukkan bahwa persamaan isothermis adsorpsi Freundlich memiliki nilai  $R^2$  lebih mendekati 1 yaitu sebesar 0,9912, sedangkan nilai  $R^2$  isothermis adsorpsi Langmuir hanya 0,6652. Hal ini dapat diasumsikan bahwa isothermis adsorpsi *methylene blue* pada abu sabut dan

tempurung kelapa tanpa teraktivasi lebih mengikuti persamaan isoteremis adsorpsi Freundlich karena nilai  $R^2$  mendekati 1.

Untuk persamaan isoteremis adsorpsi *methylene blue* pada abu sabut dan tempurung kelapa teraktivasi  $H_2SO_4$  dapat dilihat pada Gambar 4.9 dan 4.10 berikut:



Gambar 4.9 Kurva persamaan isoteremis adsorpsi Langmuir *methylene blue* pada abu teraktivasi  $H_2SO_4$

Gambar 4.10 Kurva persamaan isoteremis adsorpsi Freundlich *methylene blue* pada abu teraktivasi  $H_2SO_4$

Hasil perbandingan nilai  $R^2$  dari persamaan isoteremis adsorpsi Langmuir dan Freundlich pada adsorpsi menggunakan abu teraktivasi menunjukkan bahwa persamaan isoteremis adsorpsi Freundlich memiliki nilai  $R^2$  lebih mendekati 1

yaitu sebesar 0,874, daripada nilai  $R^2$  isothermis adsorpsi Langmuir 0,7526. Hal ini dapat diasumsikan bahwa isothermis adsorpsi *methylene blue* pada abu sabut dan tempurung kelapa teraktivasi  $H_2SO_4$  lebih mengikuti persamaan isothermis adsorpsi Freundlich.

Persamaan isothermis adsorpsi Langmuir dan Freundlich pada *methylene blue* menggunakan abu tanpa teraktivasi dan teraktivasi  $H_2SO_4$  dapat memberikan nilai kapasitas adsorpsi maksimum dari konstanta Langmuir  $Q_o$  (mg/g) dan  $b$  (L/mg), serta konstanta Freundlich  $K_f$  (mg/g) dan  $n$  yang menunjukkan intensitas adsorpsi. Bello, *dkk* (2010) menyatakan bahwa jika nilai  $1/n$  mendekati 0 maka permukaan adsorben bersifat heterogen, nilai  $1/n$  dibawah 1 adsorpsi mengikuti isothermis Langmuir, dan nilai  $1/n$  diatas 1 maka adsorpsi yang terjadi bersifat kooperatif. Nilai-nilai tersebut dapat disajikan pada Tabel 4.2:

Tabel 4.2 Hasil perbandingan Isothermis adsorpsi Langmuir dan Freundlich

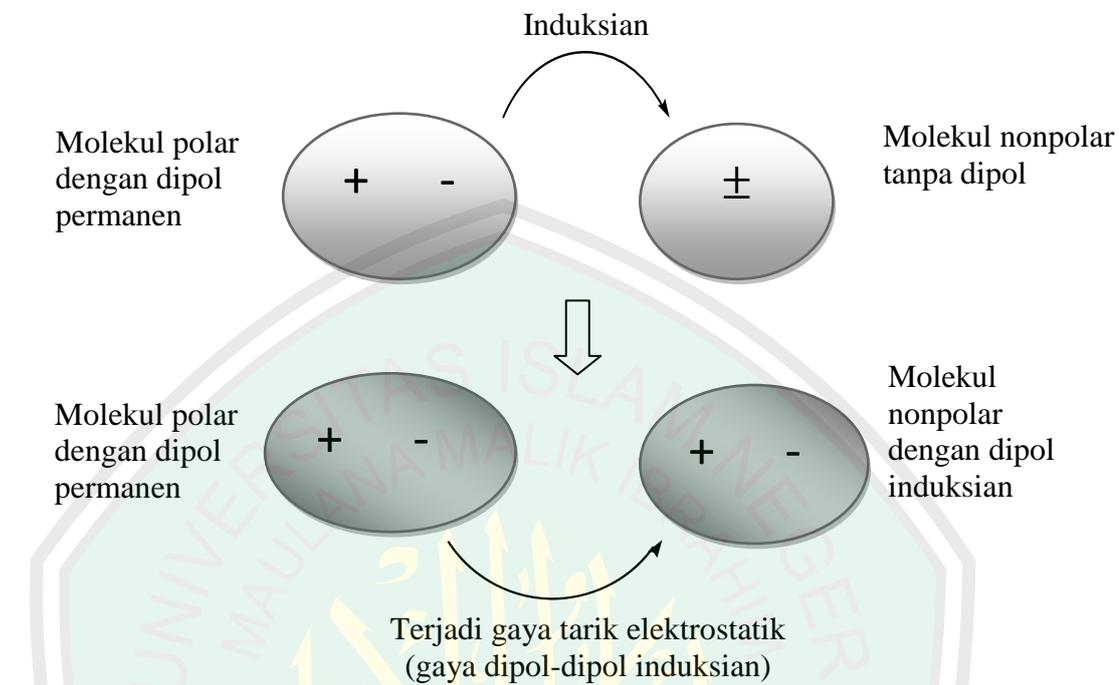
Abu	Isothermis Adsorpsi Langmuir			Isothermis Adsorpsi Freundlich			
	$Q_o$ (mg/g)	$b$ (L/mg)	$R^2$	$K_f$ (mg/g)	$n$	$1/n$	$R^2$
Tanpa Teraktivasi	-2,209	-0,122	0,6652	0,3111	0,823	1,2158	0,9912
Teraktivasi $H_2SO_4$	0,47043	-12,126	0,7526	0,0018	-0,3096	-3,230	0,874

Selain nilai koefisien regresi, pada Tabel 4.2 juga menunjukkan isothermal adsorpsi dari nilai  $n$ . Adsorpsi *methylene blue* menggunakan abu tanpa teraktivasi diperoleh nilai  $1/n$  1,2158 merupakan nilai intensitas adsorpsi diatas 1, hal ini menunjukkan situs aktif pada permukaan adsorben abu bersifat kooperatif yaitu adsorpsi yang favorable (baik), namun  $R^2$  yang diberikan lebih cenderung

mengikuti isoterms Freundlich, sehingga adsorpsi *methylene blue* oleh abu sabut dan tempurung kelapa tanpa teraktivasi diasumsikan terjadi penyerapan yang cenderung secara *multilayer* dengan kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 0,311 mg/g. Untuk *methylene blue* yang teradsorpsi pada abu sabut dan tempurung kelapa teraktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> menunjukkan. Nilai 1/n sebesar -3,230, hal ini menunjukkan proses adsorpsi terjadi secara *multilayer* karena nilai 1/n tersebut cenderung mendekati 0 yaitu permukaan adsorben bersifat heterogen dan nilai kapasitas adsorpsi yang diperoleh sebesar 0,0018 mg/g, sehingga adsorpsi menggunakan abu teraktivasi juga lebih mengikuti isoterms Freundlich.

Hasil adsorpsi *methylene blue* menggunakan abu sabut dan tempurung kelapa tanpa teraktivasi maupun teraktivasi asam sulfat yang telah dipaparkan diatas menunjukkan proses adsorpsi secara fisika yaitu adsorpsi yang mengikuti isoterms Freundlich yang terjadi secara fisika. Adsorpsi *methylene blue* secara fisika merupakan peristiwa penyerapan *methylene blue* karena terjadinya gaya dipol induksian antara molekul polar (*methylene blue*) dan molekul nonpolar (adsorben), hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.11:

Proses adsorpsi yang terjadi antara abu sabut dan tempurung kelapa dengan *methylene blue* diawali oleh difusi adsorbat (*methylene blue*) ke adsorben. Struktur dari abu sebagian besar terdiri atas silikon dioksida raksasa (gugus non polar) dan *methylene blue* yang bersifat polar sehingga keduanya terjadi interaksi melalui dipol induksian. Dimana muatan positif amonium kuartener pada *methylene blue* mengalami gaya tarik elektrostatik dengan muatan negatif pada permukaan abu. Interaksi antara ion positif amonium dengan polimer situs aktif melalui gaya Van der Waals induksian (Trisnawati, 2008).



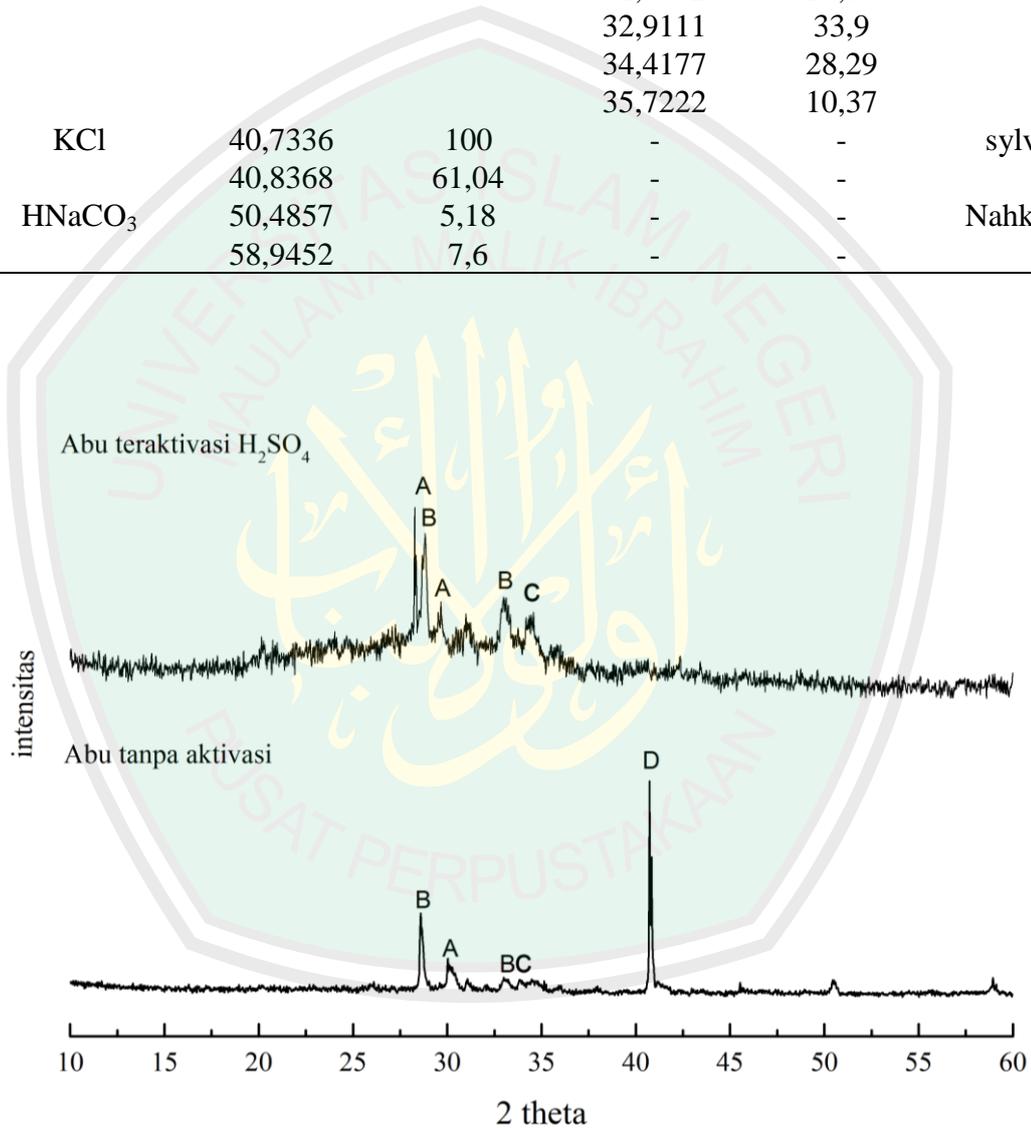
Gambar 4.11 Terjadinya gaya dipol-dipol induksi antara molekul polar dan molekul nonpolar (Effendy, 2011)

#### 4.4 Hasil Analisa Abu Sabut dan Tempurung Kelapa Menggunakan XRD

Abu sabut dan tempurung kelapa memiliki kandungan senyawa aktif  $\text{SiO}_2$  yang berpotensi sebagai adsorben. Secara kualitatif kandungan senyawaan silika dalam abu sabut dan tempurung kelapa dapat ditunjukkan pada hasil analisa XRD pada Gambar 4.12 dan Tabel 4.3. Difraktogram pada Gambar 4.12 menunjukkan bahwa abu dari sabut dan tempurung kelapa tanpa teraktivasi tersusun atas puncak khas  $\text{SiO}_2$  (*coesit*, *stishovite*) KCl (*sylvite*) dan  $\text{HNaCO}_3$  (*nahkolite*).

Tabel 4.3 Hasil analisa XRD abu sabut dan tempurung kelapa

Nama Senyawa	Abu Sabut dan Tempurung Kelapa				Jenis fasa
	Tanpa teraktivasi		Teraktivasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 2%		
	2θ	Intensitas (%)	2θ	Intensitas (%)	
SiO <sub>2</sub>	28,5832	37,75	28,2709	100	Koesit
			28,8177	75,69	
K <sub>2</sub> Co ( SiO <sub>4</sub> )	30,0640	10,30	29,6119	21,53	Stishovite, koesit
			31,0772	19,54	
			32,9111	33,9	
			34,4177	28,29	
			35,7222	10,37	
KCl	40,7336	100	-	-	sylvite
	40,8368	61,04	-	-	
HNaCO <sub>3</sub>	50,4857	5,18	-	-	Nahkolite
	58,9452	7,6	-	-	

Gambar 4.12 Hasil analisa XRD abu sabut dan tempurung kelapa (A = SiO<sub>2</sub>, B = SiO<sub>2</sub> coesite, C = SiO<sub>2</sub> stishovite, D = KCl sylvite)

Silika yang merupakan kandungan utama abu ditunjukkan pada  $2\theta$  28,5832 sampai 34,7282, kemudian kandungan KCl ditunjukkan dengan puncak pada  $2\theta$  40,7336 dan 40,8368, serta kandungan  $\text{HNaCO}_3$  pada puncak  $2\theta$  50,4857 dan 58,9452. Hal ini dapat dibandingkan dari analisis difraktogram mineral abu teraktivasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  bahwa setelah proses aktivasi tidak terjadi kerusakan struktur mineral  $\text{SiO}_2$ . Hal ini ditunjukkan dengan masih terlihatnya struktur mineral silika. Mineral silika ditunjukkan dengan puncak pada  $2\theta$  28,2709 dan 28,8177, dan juga ditunjukkan  $\text{SiO}_4$  pada  $2\theta$  29,6119 sampai 35,7222, sedangkan kandungan garam KCl mengalami kerusakan karena tidak terlihat lagi puncak struktur kristal pada  $2\theta$  40,7336 dan 40,8368, dan kandungan  $\text{HNaCO}_3$  sibat tidak terlihat pada  $2\theta$  58,8991. Hal ini dikarenakan mineral KCl dan logam-logam lainnya terlarut dalam larutan asam sulfat saat proses aktivasi.

Difraktogram diatas terlihat bahwa adanya kristalinitas dan kemurnian silika abu sabut dan tempurung kelapa teraktivasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  2% meningkat dengan naiknya intensitas (%) dan hilangnya puncak khas dari pengotor, namun tingkat kristalinitas silika masih kecil karena intensitas relatifnya termasuk sangat rendah dari intensitas fase kristalin. Munculnya banyak puncak dan bentuk difraktogram yang sangat landai menunjukkan bahwa kristalinitas dan homogenitas mineral dalam abu sabut dan tempurung kelapa sangat rendah, karena masih terlalu banyak kandungan senyawa kimia di dalamnya. Dari data yang ditunjukkan bahwa kandungan silika pada abu yang teraktivasi lebih dominan, sehingga kemampuan adsorpsi mengalami kenaikan seiring dengan meningkatnya kandungan silika dalam abu sabut dan tempurung kelapa teraktivasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  2%.

Analisa lebih lanjut dilakukan proses *refinement* (penghalusan) yaitu pencocokan data difraksi sampel terhadap standar menggunakan program *Rietica* metode *Le Bail*. Model awal atau input yang digunakan yaitu silika yang memiliki grup ruang C2/C, PCa21, serta input KCl dan HNaCO<sub>3</sub> dengan grup ruang masing-masing Fm-3m dan P21/C. Kisi Kristal dan parameter struktur material hasil *refinement* akhir *Rietica* disajikan pada Tabel 4.4 berikut:

Tabel 4.4 Parameter sel satuan pada abu sabut dan tempurung kelapa menggunakan metode *Le Bail*

Parameter	Abu tanpa teraktivasi			Abu teraktivasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 2%	
	SiO <sub>2</sub>	KCl	HNaCO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> Co(SiO <sub>4</sub> )
Grup ruang	C2/C	Fm-3m	P21C	C2/C	PCa21
Kisi Kristal	monoclinic	kubik	monoclinic	monoclinic	Orthorhombic
a (Å)	7,0672	6,2931	3,5100	7,0672	10,9360
b (Å)	12,2907	6,2931	9,7100	12,2907	5,4530
c (Å)	7,1406	6,2931	8,0500	7,1406	15,6230
α	90,0000°	90,0000°	90,0000°	90,0000°	90,0000°
β	120,4160°	90,0000°	111,8500°	120,4160°	90,0000°
γ	90,0000°	90,0000°	90,0000°	90,0000°	90,0000°
Rp (%)	16,55	18,91	19,80	10,81	10,56
Rwp (%)	16,57	21,85	27,62	12,74	12,09
GoF (χ <sup>2</sup> )	0,2541	0,4414	0,7035	0,3311	0,2981
Bragg R-Factor	0,73	0,29	0,03	1,06	1,67

Tabel 4.4 menunjukkan bahwa antara data standar dan data dari difraksi sampel memiliki tingkat kesesuaian yang cukup baik. Hal ini dapat ditunjukkan dari nilai parameter Rp (faktor profil), Rwp (faktor profil terbobot), dan nilai GoF (*Goodness of-fit*). Dikatakan memiliki tingkat kesesuaian atau kecocokan yang baik atau penghalusan menggunakan metode *Le Bail* akan diterima apabila nilai Rwp dan Rp < 20% dan nilai GoF < 4. Pada Tabel diatas menunjukkan nilai Rp

dan  $R_{wp} < 20\%$ , dan nilai  $Gof < 4$ , sehingga penghalusan data difraksi abu sabut dan tempurung kelapa terhadap data standar dapat diterima.

Dari data penghalusan juga dapat menunjukkan bahwa abu tanpa teraktivasi memiliki senyawaan silika, KCl dan  $HNaCO_3$ , sedangkan abu teraktivasi asam sulfat memiliki kecocokan dengan difraksi senyawaan silika. Hal ini menunjukkan proses aktivasi menggunakan asam memiliki pengaruh yang signifikan untuk melarutkan pengotor pada situs aktif suatu adsorben, sehingga dapat meningkatkan proses adsorpsi.

Hasil XRD abu teraktivasi asam sulfat menunjukkan banyaknya senyawaan silika yang dihasilkan, hal ini dikarenakan pori-pori silika yang tertutup oleh senyawaan lain sudah terbuka akibat perlakuan menggunakan asam sulfat. Aktivasi menggunakan asam sulfat tidak dapat merusak senyawaan silika pada abu karena silika tidak dapat bereaksi dengan larutan asam sulfat (Svehla, 1985). Pada penelitian Karyasa (2014) juga melakukan analisa abu sekam padi tanpa teraktivasi dan teraktivasi asam menggunakan XRD dan hasilnya menunjukkan abu teraktivasi hanya memiliki satu puncak dengan intensitas tinggi yang merupakan silika kristobalit, sedangkan pada abu tanpa teraktivasi terlihat banyaknya puncak-puncak yang menunjukkan masih banyaknya senyawa (pengotor) selain silika pada abu. Hasil karakterisasi abu sabut dan tempurung kelapa dapat menjelaskan bahwa adsorpsi *methylene blue* menggunakan abu teraktivasi memberikan nilai persentase *methylene blue* terserap lebih besar daripada persentase *methylene blue* terserap menggunakan abu tanpa teraktivasi. Hal ini dikarenakan abu yang teraktivasi memiliki tingkat pengotor yang lebih kecil daripada abu tanpa teraktivasi.

#### 4.5 Hasil Penelitian dalam Prespektif Islam

Berdasarkan penelitian ini diketahui bahwa abu sabut dan tempurung kelapa yang merupakan limbah pembakaran yang sering kita jumpai di industri kecil seperti industri tahu yang ada di kota Malang memiliki daya guna untuk pencemaran lingkungan air. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa abu sabut dan tempurung kelapa mempunyai manfaat yang lebih baik yaitu dapat digunakan sebagai adsorben limbah cair zat warna *methylene blue*. Sebagaimana Allah SWT telah menerangkan dalam al-Qur'an surat ad-Dukhaan ayat 38.


 وَمَا خَلَقْنَا السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا لِنَعْبُدَ

“Dan tidaklah kami ciptakan langit dan bumi dan segala yang ada di antara keduanya dengan bermain-main”. (Q.S ad-Dukhaan ayat 38)

Ayat di atas menjelaskan bahwasanya Allah menciptakan langit dan segala isinya yang bermanfaat bagi makhluk-Nya dan Allah menciptakan bumi dengan segala isinya yang berupa hal-hal yang bermanfaat, baik di permukaan maupun di dalam perut bumi, dan Allah tidak menciptakan apa-apa yang ada di antara langit dan bumi, baik yang diketahui maupun yang tidak diketahui sebagai kesia-siaan (Shihab, 2002).

Jika selama ini abu sabut dan tempurung kelapa yang semula dipandang oleh masyarakat sebagai limbah pembakaran yang tidak bermanfaat ternyata mempunyai manfaat yang sangat baik. Dari penelitian ini, dihasilkan abu sabut dan tempurung kelapa mampu mengadsorpsi *methylene blue* dengan persentase MB terserap mencapai 99%. Hal ini menunjukkan Maha Besar Allah dengan segala penciptaannya. Maka bagi orang yang berfikir, dia akan selalu mengingat Allah SWT, melalui keagungan ciptaannya, sehingga akan timbul rasa iman

kepada Allah SWT, melalui kebesaran terhadap segala ciptaannya yang sungguh mulia ini. Seperti firman Allah SWT. Pada surat ali Imron ayat 190-191 yang berbunyi:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَأَخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِّأُولِي الْأَلْبَابِ ﴿١٩٠﴾ الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾

*"Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal, (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): "Ya Tuhan kami, Tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha suci Engkau, Maka peliharalah kami dari siksa neraka (QS. Ali-Imron:190-191)*

Allah SWT menjelaskan kepada umat manusia bahwa sesungguhnya dalam penciptaan lagit dan bumi dan silih bergantinya siang dan malam terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal. Tanda-tanda yang dimaksud merupakan tanda-tanda kebesaran Allah serta keagungan Allah. Hal-hal yang sangat kecil saja, juga merupakan tanda-tanda kebesaran-Nya, seperti kandungan senyawa dalam abu sabut dan tempurung kelapa yang bisa digunakan sebagai adsorben yang berfungsi mengurangi kadar zat warna dalam limbah cair yang berada di lingkungan kita.

Janji Allah kepada manusia yang mau beriman dan yang mau menggunakan ilmu pengetahuannya untuk memikirkan kekuasaanNya yaitu Allah

akan meninggikan derajat orang tersebut. Sebagaimana telah disebutkan dalam al-Qur'an surat al-Mujaadilah ayat 11 :

يَتَأْتِيهَا الَّذِينَ ءَامَنُوا إِذَا قِيلَ لَكُمْ تَفَسَّحُوا فِي الْمَجَالِسِ فَأَفْسَحُوا يَفْسَحِ اللَّهُ لَكُمْ وَإِذَا قِيلَ أَنْشُرُوا فَأَنْشُرُوا يَرْفَعِ اللَّهُ الَّذِينَ ءَامَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ وَاللَّهُ بِمَا تَعْمَلُونَ خَبِيرٌ ﴿١١﴾

“Hai orang-orang beriman apabila kamu dikatakan kepadamu: "Berlapang-lapanglah dalam majlis", Maka lapangkanlah niscaya Allah akan memberi kelapangan untukmu. dan apabila dikatakan: "Berdirilah kamu", Maka berdirilah, niscaya Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat. dan Allah Maha mengetahui apa yang kamu kerjakan”(QS.al-Mujaadilah: 11).

Perbuatan memperbaiki sesuatu menjadi lebih baik merupakan perbuatan amal sholeh yang dianjurkan dalam islam seperti menjaga lingkungan yang bebas dari pencemaran. Hal ini sesuai dengan perintah Allah SWT yang terdapat dalam al Qur'an surat an-Nahl ayat 97:

مَنْ عَمِلَ صَالِحًا مِّنْ ذَكَرٍ أَوْ أُنْثَىٰ وَهُوَ مُؤْمِنٌ فَلَنُحْيِيَنَّهٗ حَيٰوةً طَيِّبَةً وَلَنَجْزِيَنَّهُمْ أَجْرَهُمْ بِأَحْسَنِ مَا كَانُوا يَعْمَلُونَ ﴿٩٧﴾

Artinya: “Barangsiapa yang mengerjakan amal saleh, baik laki-laki maupun perempuan dalam keadaan beriman, Maka Sesungguhnya akan kami berikan kepadanya kehidupan yang baik dan Sesungguhnya akan kami beri balasan kepada mereka dengan pahala yang lebih baik dari apa yang Telah mereka kerjakan”. (Q.S an-Nahl ayat 97)

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Hasil penelitian adsorpsi *methylene blue* menggunakan abu dari sabut dan tempurung kelapa teraktivasi larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dapat disimpulkan bahwa adsorpsi 50 mL larutan *methylene blue* dengan konsentrasi 13,97 ppm menggunakan abu diperoleh kondisi optimum pada waktu kontak 75 menit, pH 3, dan 0,5 gram abu dengan nilai persentase *methylene blue* yang teradsorp sebesar 99,81%.

Penentuan kapasitas adsorpsi *methylene blue* terhadap abu teraktivasi yaitu sebesar 4,533 mg/g pada konsentrasi *methylene blue* 45,417 mg/L sebanyak 50 mL. Pola isotermis adsorpsi *methylene blue* lebih mengikuti isotermis Freundlich dengan nilai R<sup>2</sup> 0,874 lebih besar daripada isotermis Langmuir dengan nilai R<sup>2</sup> 0,7526. Analisa XRD abu sabut dan tempurung kelapa teraktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> menunjukkan bahwa kristalinitas dan kemurnian silika dalam abu mengalami peningkatan karena hilangnya puncak khas dari pengotor KCl dan HNaCO<sub>3</sub>. Kandungan SiO<sub>2</sub> (*stishovite*, *sylvite*) terdapat pada 2θ 28,2709, 28,8177, 29,6119, dan sampai 35,7222.

#### 5.2 Saran

Penelitian selanjutnya perlu dilakukan aktivasi abu menggunakan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan konsentrasi optimum untuk meningkatkan kemurnian silika dalam abu yang teraktivasi. Karakterisasi menggunakan SEM-EDX pada abu sabut dan tempurung kelapa yang teraktivasi juga bias dilakukan, untuk mendapatkan data

ukuran pori-pori situs aktif dan komposisi dalam abu. Selain itu, perlu dilakukan adsorpsi menggunakan abu sabut dan tempurung kelapa terhadap adsorbat lainnya.



## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A. 2007. *Tafsir Ibnu Katsir*. Jakarta: Pustaka Imam Syafi'i.
- Al-Maraghi, M. 1993. *Terjemah Tafsir Al-Maraghi*. Semarang : Toha Putra.
- Al-Qardhawi, Y. 1998. *As-Sunnah Sebagai Sumber Ilmu Pengetahuan dan Peradaban*. Jakarta : Pustaka Al-Kautsar.
- Al-Qaradhawi, Y. 2002. *Islam Agama Ramah Lingkungan*. Jakarta: Pustaka Al-Kautsar.
- Alzaydien, A.S., Adsorption of Methylene Blue from aqueous solution onto a low-cost natural Jordanian tripoli. *Am. J. Environ. Sci.*, 5(3), 197-208 (2009).
- Amsden, J.P. 1950. *Physical Chemistry For Peromedical Students*. 2 Ed. New York : McGraw Hill Book Company.
- Aprillia, N dkk. 2012. Sintesis Membran Padat Silika Abu Sekam Padi dan Aplikasinya untuk Dekolorisasi Rhodamin B pada Limbah Cair.Semarang. *Jurnal Skripsi*. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang (2012).
- Atkins, P.W., 1999. *Kimia Fisika Edisi keempat Jilid 2*. Terjemahan Irma I. Kartohadiprodo. Jakarta: Erlangga.
- Basset, J.D. 2000. *Buku Ajar Vogel Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*. Jakarta: Buku Kedokteran EGC.
- Bello, O.S, O. M. Adelaide, M. A. Hammed, O. A. M. Popoola. 2010. Kinetic and Equilibrium Studies of Methylene Blue Removal From Aqueous Solution By Adsorption on Treated Sawdust. *Macedonian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, Vol. 29, No. 1, pp. 77–85 (2010)
- Brady, J.1999. *Kimia Untuk Universitas*. Jakarta: Erlangga
- Budianto,PE. 2008. Analisis Rhodamin B dalam Saos dan Cabe Giling di Pasar Kecamatan Laweyan Surakarta dengan Metode KLT. *Skripsi*. Surakarta: Fakultas Farmasi Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Budiyono, M.E. 1999. *Penggunaan Abu Layang Sebagai Bahan Urung Limbah Radioaktif yang Mengandung Aktinida (Th & U)*. Yogyakarta: P3TM-BATAN.

- Cahyono, B. 2007. Warga Sekitar PLTU, 95 Persen Alami Infeksi Pernafasan. *Harian Suara Merdeka*. 4 Desember 2007
- Chen, J. M. dan Chang F. W. 1991. The Chlorination Kinetics of Rice Husk. *Journal Eng Chem. Res* (30), 2241-2247
- Christina P., Mu'nisatun S., Rany Saptaji dan Djoko Marjanto. (2007). Studi Pendahuluan Mengenai Degradasi Zat Warna Azo (Metil Orange) dalam Pelarut Air Menggunakan Mesin Berkas Elektron 340 keV/10 mA. *JFN*. Vol.1 No.1, ISSN 1978-8738.
- Crini, G. 2006. Non-conventional low-cost adsorbents for dye removal: a review. *Bioresour. Technol.* 97: 1061-1085.
- Danarto, dan Samun. 2008. *Pengaruh Aktivasi Karbon Dari Sekam Padi pada Proses Adsorpsi Logam Cr (VI)*. Surakarta: Universitas Surakarta
- Day, R.A dan A.L Underwood. 2002. *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Keenam*. Jakarta : Erlangga
- Dede Fajar I., Aktivasi Abu Layang Batubara dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebagai Adsorben Ion Logam Pb(II) dan Zn (II), Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, 2010, Universitas Negeri Semarang.
- Dewi, K.S.P. 2008. *Kemampuan Adsorpsi Batu Pasir yang Dilapisi Besi Oksida (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) untuk Menurunkan Kadar Pb dalam Larutan*. Bukit Jimbaran: Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana.
- Do, D.D. 1998. *Adsorption Analysis : Equilibria and Kinetics*. p.p. 4-6, Imperial College Press, London
- Effendy. 2011. *Perspektif Baru Kimia Koordinasi Jilid 1 edisi 2*. Malang: Indonesian Academy Publishing.
- Fitriyah. 2004. Studi Adsorpsi-Desorpsi Lempung Montmorillonit Teraktivasi Asam Terhadap Pb(II) dan Cr(III). *Skripsi*. Denpasar: Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana.
- Gandjar, I.G., dan Rohman, A. 2007. *Analisis Obat Secara Spektrofotometri dan Kromatografi*. Yogyakarta : Pustaka Pelajar.
- Ghosh R, Bhattacharjee S. 2013. A Review Study on Precipitated Silica and Activated Carbon from Rice Husk. *J Chem Eng Process Technol* 4: 156 doi:10.4172/2157-7048.1000156
- Giles, C.H., and A.P. De Silva. 1969. Molecular Sieve Effects of Powders Towards Dyes. Measurement of Porosity by Dye Adsorption. *Trans. Faraday Soc.* 65:1943-1951.

- Grimwood M. 1975. *Coconut Palm Product Tropical*. London: Product Institute.
- Hamdaoui, O. and Chiha, M., 2006, Removal of Methylene Blue from Aqueous Solutions by Wheat Bran, *Acta Chim.* 54 : 407–418
- Haryati, Kristinah. 2000. *Potensi Bentonit Sebagai Penjernihan Minyak Goreng Bekas*. Semarang: UNDIP
- Hastomo, A.E. 2008. *Analisis Rhodamin B dan Metanil Yellow di Kotamadya Surakarta dengan Metode Kromatografi Lapis Tipis*. Surakarta : Laporan Penelitian Fakultas Farmasi Universitas Muhammadiyah.
- Hayati, E.K. 2007. *Dasar-Dasar Analisis Spektroskopi*. Malang: Universitas Islam Negeri Malang.
- Indrayani, S. 2008. Aktivitas Katalitik MoO<sub>3</sub>/TS-1 Pada Reaksi Hidroksilasi Fenol Menggunakan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. *Tesis*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Irawan, dkk. 2014. Adsorption of Iron (II) By Fly Ash Adsorbent from Coal. Brawijaya University. *J.Pure App. Chem. Res*, 2014, 3 (3), 88-89.
- Jan kowska, H., Swiatkowski, A., Chorna, J. 1991. *Active Carbon*. London : Horwood.
- Jauhar, et al. 2007. *Dehidrasi Isopropil Alkohol*. Bandung : ITB
- Jumaeri, W. Astuti dan W.T.P. Lestari. 2007. Preparasi dan Karakterisasi Zeolit dari Abu Terbang Secara Alkali Hidrotermal. J.Jurusan Kimia Fakultas MIPA UNNES, Semarang.
- Kamal, M. 1994. *Nutrisi Ternak I*. Yogyakarta: Laboratorium Makanan Ternak, Gadjah Mada University Press.
- Karyasa, W. 2014. Pembuatan *Ultra Fine Amorphous Silica (UFAS)* dari Jerami dan Sekam Padi. Jurusan Pendidikan Kimia, FMIPA Universitas Pendidikan Ganesha. Singaraja.
- Ketaren, S. 1986. *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. Cetakan Pertama. Jakarta : UI-Press.
- Kinoshita, K. 1988. *Carbon Electrochemical and Physicochemical Properties*. New York: John Wiley & Sons.

- Kumar, A., Chaudhary, P., and Verma, P. 2013. Adsorption of Reactive Red 194 Dye from Textile Effluent by Using Class F Fly Ash, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 1 (2): 111-116
- Lestari, Y. 2013. Pemanfaatan Limbah Abu Terbang (Fly Ash) Batubara Sebagai Adsorben Untuk Penentuan Kadar Gas NO<sub>2</sub> di Udara. *Skripsi*, Jember : Universitas Jember
- Lynch C.T. 1990. *Practical Handbook of Material Science 2th Edition*. New York: CRC Pr
- Mahvi, A.H, A. Maleki dan A. Eslami, 2004, Potential of Rice husk and Rice husk Ash for Phenol Removal in Aqueous System. "*American Journal of Applied Sciences*" 1(4), 321-3226.
- Mappiratu. 1985. *Analisis Kadar Soda Abu dalam Tempurung Kelapa*. (laporan Penelitian). Palu: Balai Penelitian Universitas Tadulako.
- Moghaddam, N. 2010. Adsorption of Methylene Blue in Aqueous Phase by Fly Ash, Clay and Walnut Shell as Adsorbents. *World Applied Sciences Journal* 8 (2): 229-234, ISSN 1818-4952
- Mu'jizah, S. 2010. Pembuatan dan karakterisasi karbon aktif dari biji kelor (moringa oleifera. Lamk) dengan NaCl sebagai bahan pengaktif. *Skripsi tidak diterbitkan*. Malang: Jurusan Kimia Fakultas Sains Dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Mukaromah, A dkk. 2012. *Degradasi Zat Warna Rhodamin B secara Advanced Oxidation Processes Metode Fenton Berdasarkan Variasi Konsentrasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>* . Semarang: Universitas Muhammadiyah
- Nurmasari, R dkk. 2014. *Kajian Adsorpsi Rhodamin B pada Humin*. Banjarbaru: Universitas Lambung Mangkurat
- Nuryono, Narsito, Sutarno, 2004, Penggunaan NaOH dan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> Pada Pembuatan Silica gel Dari Abu Sekam Padi, Seminar Nasional MIPA, Fakultas MIPA UNY, Yogyakarta.
- Oscik,J. 1982. *Adsorption*. New York: John Wiley & Sons
- Othmer, K. 1981. *Encyclopedia of chemical technology*. Vol 4. 3<sup>rd</sup> ed. New York : John Wiley and Sons.
- Pakhovchishin, S.V., I.G.F. Chernydh, and V.F. Gritsenko. 1991. Limitations on the Use of the Indicator Method to Study the Surface of Graphite Particules Koloid Zn. *Applied Sciences Journal* 53:284–289. (Translated in English.)

- Palungkun, R. 1999. *Aneka Produk Olahan Kelapa*. Bogor: Penebar Swadaya
- Parker.S.P, 1993, *Encyclopedia Of Chemistry*, 2nd Ed, McGraw Hill Inc, New York, PP.16-20.
- Pérez-Marín, V., Meseguer Zapata, J.F.,Ortúno, M. Aguilar, J. Sáez, dan M. Lloréns, 2007, Removal of Cadmium from Aqueous Solutions by Adsorption Onto Orange Waste, *Journal of Hazardous Materials B1*, 39 (2007): 122–13
- Pujiana, N. 2014. Adsorpsi Methylene Blue Menggunakan Abu Sabut Tempurung Kelapa Teraktivasi Natrium Klorida (NaCl) Sebagai Adsorben. *Skripsi*. Malang: Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Quthb, S., 2001, *Tafsir Fi Zhilalil Qur'an*. Jakarta: Gema Insani Press, hal 244-246.
- Retnowati. 2005. Efektivitas Ampas The Sebagai Adsorben Alternatif Limbah Cair Industri Tekstil. *Skripsi*. FMIPA IPB. Bogor
- Riapanitra, A., Setyaningtyas, T., Riyani, K. 2012. *Penentuan Waktu Kontak dan pH Optimum Penyerap Metilen Biru Menggunakan Abu Sekam Padi*. Purwokerto. MIPA Unsoed Purwokerto
- Riesthandie. 2010. Pemanfaatan Cu-NaA dan NaA dengan Prekursor SiO<sub>2</sub> dari Sekam Padi untuk Adsorpsi Gas NO<sub>x</sub>. *Tugas Akhir Tidak Diterbitkan*. Surabaya: Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Rodenas, L *et al*. Understanding Chemical Reactions Between Carbons and NaOH and KOH: *An Insight Into the Chemical Activation Mechanism Carbon*, 41: 267-275. DOI: 10.1016/S0008-6223(02)00279-8 (2003)
- Saepudin, Asep. (2009). Uji Kinerja Adsorben Histidin - Bentonit dalam Prototipe Kemasan Flowdan Batch terhadap Pestisida Endosulfan dalam Air Minum. *Skripsi*. Program Studi Kimia Jurusan Pendidikan Kimia FPMIPA UPI, Bandung.
- Saragih S. A. 2008. *Pembuatan dan Karakterisai Karbon Aktif Dari Batubara*. Jakarta: Fakultas Teknik .Universitas Indonesia
- Sawitri, D. Utilization of Coal Fly Ash as CO Gas Adsorbent. Internat. Kampus Keputih ITS Sukolilo Surabaya 60111. *J.of Waste Resources*, Vol. 2(2)2012:13-1 (2012)

- Sembiring, M.T dan Sinaga. T.S. 2003. *Arang aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatan)*. Medan: Jurusan Teknik Industri: Fakultas Teknik Universitas Sumatra Utara
- Selvaraju, N. Sequestration of Dye From Textile Industry Wastewater Using Agricultural Waste Products as Adsorbents. *Journal of Environmental Chemical Engineering* 1 (4), 629-641(2013)
- Shihab, Q. 2002. *Tafsir Al-Misbah (Pesan, kesan, dan Keserasian Al-Qur'an) Volume 11*. Jakarta : Lentera Hati.
- Siriluk, C. dan Yuttapong, S. 2005. Structure of Mesoporous MCM-41 Prepared from Rice Husk Ash. *The 8th Asian Symposium On Visualization*, Chiangmai, Thailand, 23-27 May 2005, Paper Number n 1-7.
- Siska Y, Pengaruh Aktivasi Asam pada Zeolit Alam Turen terhadap Kapasitas Tukar Kation Ni<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup> dan Fe<sup>3+</sup> , Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, 2008, Universitas Brawijaya Malang.
- Suhartana. 2006. *Pemanfaatan Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Baku Arang Aktif dan Aplikasinya Untuk Penjernihan Sumur di Desa Belor Kecamatan Ngaringan Kabupaten Grobongan*. Semarang: FMIPA UNDIP
- Swiatkowski, A. 1998. *Adsorption and its Application in Industry and Environmental Protection Studies in Surface Science and Catalysis*. Belanda : Elsvier
- Svehla. 1985. *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro. Edisi kelima*. Bagian I. PT Kalman Pustaka : Jakarta.
- Thabathaba'i, Sayyid M. Husain. 200. *Memahami Esensi Al-Qur'an*. Jakarta: Lentera.
- Triyana, M. dan Sarma, T. *Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya)*. Sumatra Utara: Jurusan Teknik Industri, Universitas Sumatra Utara. *Jurnal skripsi*. 2003.
- Wanchanthuek, R., and Thapol, A. 2011. Kinetic Study of Methylene Blue Adsorption Over MgO from PVATemplate Preparation, *J. Environ. Sci.Tech.*, 4, 5, 552-559.
- Wang. Flocculant For Purification of Printing and Dyeing Wastewater. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. Eng. Res., (20) 1–100 (2006)
- Widhianti, W. D. 2010. Pembuatan Arang Aktif Dari Biji Kapuk (*Ceiba pentandra L.*) Sebagai Absorben Zat Warna Rhodamin B. *Skripsi*.

Surabaya: Departemen Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga Surabaya.

Widihati. Karakterisasi Keasaman Luas Permukaan Tempurung Kelapa Hijau (*cocos nucifera*) dan Pemanfaatannya Sebagai Biosorben Ion  $Cd^{2+}$ . Bukit Jimbaran. FMIPA Universitas Udayana. *Jurnal Kimia* (2008)

Widjajanti E., Regina Tutik P., dan M. Pranjoto Utomo. Pola Adsorpsi Zeolit terhadap Pewarna Azo Metil Merah dan Metil Jingga. Yogyakarta. *Jurnal skripsi UNY* (2011)

Wijaya, K., Sugiharto, E., Fatimah, I., Sudiono, S., dan Kurniaysih, D. 2006. Utilisasi  $TiO_2$ -Zeolit dan Sinar UV Untuk Fotodegradasi Zat Warna Congo Red, *Teknoin*, 11(3): 199–209

Zafar, U. Adsorption studies of Cr (IV) on rice husk ash (Rha). Laboratories Complex, Lahore Pakistan. *J.Chem.Soc.Pak.*, Vol. 31 No 3 (2009)

Zakaria. Karakterisasi dan Pemanfaatan Abu Terbang Aktivasi Fisika Dalam Menjerap Ion Logam  $Cu^{2+}$ . Bogor. *J.PTBIN* (2012).