

**OPTIMASI ADSORPSI SENYAWA *PHENANTHRENE* MENGGUNAKAN  
NANOSILIKA DARI SEKAM PADI YANG DIFUNGSIONALISASIKAN  
MENGGUNAKAN *DIPHENYLAMINE***

**(Skripsi)**

**Oleh**

**Christian Paul Partogi Sidabalok**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2017**

## ABSTRACT

### THE OPTIMIZATION OF PHENANTHRENE COMPOUND ADSORPTION USING NANOSILICA FROM RICE HUSK FUNCTIONALIZED USING DIPHENYLAMINE

By

**Christian Paul Partogi Sidabalok**

Phenanthrene is one of PAHs compound which can be classified as environmental pollutant compounds. In this research, phenanthrene's adsorption test had been done by using nanosilica as an adsorbent which was extracted from rice husk and functionalized with diphenylamine (DPA). Si-DPA adsorbent was characterized by using SEM-EDX to determine the surface morphology, composition of the elements from nanosilica and adsorbent and also FTIR characterization to determine the functional group from both of them.

Adsorption test was done using Batch's method to determine the optimum mass of adsorbent, optimum pH, optimum contact time, and optimum phenanthrene's standard solution concentration variation. It was achieved that the optimum mass of adsorbent was 4 mg, optimum pH was pH 3, optimum contact time was 90 minutes, and optimum phenanthrene standard solution concentration variation was 15,88 ppm. The data of adsorption kinetics of phenanthrene on Si-DPA tended to follow the pseudo second order adsorption kinetics with the value of correlation coefficient ( $R^2$ ) was 0,938 and phenanthrene's adsorption isotherm on Si-DPA tended to follow Freundlich's isotherm with the value of correlation coefficient ( $R^2$ ) was 0,845.

**Keywords** : Nanosilica, rice husk, PAHs, adsorbent, Si-DPA, adsorption, phenanthrene.

## ABSTRAK

### OPTIMASI ADSORPSI SENYAWA *PHENANTHRENE* MENGGUNAKAN NANOSILIKA DARI SEKAM PADI YANG DIFUNGSIONALISASIKAN MENGGUNAKAN *DIPHENYLAMINE*

Oleh

**Christian Paul Partogi Sidabalok**

*Phenanthrene* merupakan salah satu senyawa PAH yang termasuk dalam senyawa polutan lingkungan. Dalam penelitian ini telah dilakukan uji adsorpsi *phenanthrene* menggunakan adsorben nanosilika yang diekstraksi dari sekam padi dan difungsionalisasikan dengan *diphenylamine* (DPA). Adsorben Si-DPA dikarakterisasi dengan SEM-EDX untuk mengetahui morfologi permukaan, komposisi unsur penyusun dari nanosilika dan adsorben tersebut serta FTIR untuk mengetahui gugus fungsi dari keduanya.

Uji adsorpsi pada Si-DPA dilakukan menggunakan metode *Batch* untuk menentukan massa optimum adsorben, pH optimum, waktu optimum, dan variasi konsentrasi larutan standar *phenanthrene* optimum. Massa optimum adsorben yang diperoleh yaitu sebesar 4 mg, pH optimum pada pH 3, waktu kontak optimum selama 90 menit, dan variasi konsentrasi larutan standar *phenanthrene* optimum sebesar 15,88 ppm. Data kinetika adsorpsi *phenanthrene* pada Si-DPA cenderung mengikuti model kinetika adsorpsi pseudo orde dua dengan nilai koefisien korelasi ( $R^2$ ) sebesar 0,938 dan isoterm adsorpsi *phenanthrene* pada Si-DPA cenderung mengikuti pola isoterm Freundlich dengan nilai koefisien korelasi ( $R^2$ ) sebesar 0,845

**Kata kunci:** Nanosilika, sekam padi, PAH adsorben, Si-DPA, adsorpsi, *phenanthrene*.

**OPTIMASI ADSORPSI SENYAWA *PHENANTHRENE* MENGGUNAKAN  
NANOSILIKA DARI SEKAM PADI YANG DIFUNGSIONALISASIKAN  
MENGGUNAKAN *DIPHENYLAMINE***

**Oleh**

**Christian Paul Partogi Sidabalok**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar  
SARJANA SAINS**

**Pada**

**Jurusan Kimia  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2017**

Judul Skripsi : **OPTIMASI ADSORPSI SENYAWA *PHENANTHRENE* MENGGUNAKAN NANOSILIKA DARI SEKAM PADI YANG DIFUNGSIONALISASIKAN MENGGUNAKAN *DIPHENYLAMINE***

Nama Mahasiswa : **Christian Paul Partogi Sidabalok**

No. Pokok Mahasiswa : 1317011010

Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**Rinawati, Ph.D.**  
NIP 19710414 200003 2 001

**Diky Hidayat, M.Sc.**  
NIP 19740609 200501 1 002

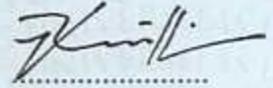
2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA

**Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T.**  
NIP 19740705 200003 1 001

## MENGESAHKAN

### 1. Tim Penguji

Ketua : **Rinawati, Ph.D.**

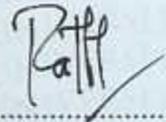


Sekretaris : **Diky Hidayat, M.Sc.**



Penguji

Bukan Pembimbing : **Dr. Ni Luh Gede Ratna Juliasih, M.Si.** .....



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**Prof. Warsito, S.Si., D.E.A., Ph.D.**

NIP 19710212 199512 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **01 November 2017**

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Toto Harjo, Purbolinggo, pada tanggal 24 Mei 1995, sebagai anak kedua dari tiga bersaudara, putra dari Bapak Ir. Budiman Sidabalok dan Ibu Emmyrita Sinurat. Jenjang pendidikan penulis diawali dari Taman Kanak-kanak di TK Pertiwi, Purbolinggo, yang diselesaikan

pada tahun 2000. Sekolah Dasar (SD) di SD Negeri 3 Taman Fajar, Purbolinggo, yang diselesaikan pada tahun 2006. Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Negeri 1 Purbolinggo, diselesaikan pada tahun 2009 dan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Negeri 1 Metro, diselesaikan pada tahun 2012. Pada tahun 2013, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Unila melalui jalur SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri).

Pada bulan November 2016 penulis menyelesaikan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Laboratorium Kimia Analitik dan Instrumentasi, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Unila di Bandar Lampung dengan judul **“Ekstraksi Nanosilika dari Sekam Padi Menggunakan Metode Presipitasi”**. Penulis jugamelaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari di Desa Tanjung Ratu, Kabupaten Lampung Tengah pada tahun 2016.

Pengalaman organisasi penulis dimulai sebagai Kader Muda Himpunan Mahasiswa Kimia (KAMI) Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Unila periode 2013/2014. Penulis juga sempat mengikuti organisasi luar

kampus, yaitu PMKRI (Perhimpunan Mahasiswa Katolik Republik Indonesia) serta aktif di Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMAKI) Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Unila sebagai anggota Biro Usaha Mandiri (BUM) pada kepengurusan periode 2014/2015 dan sebagai anggota Bidang Sains dan Penalaran Ilmu Kimia (SPIK) pada kepengurusan periode 2015/2016. Penulis juga pernah menjadi asisten praktikum Kimia Analitik I, Kimia Analitik II, Kimia Dasar, dan Kimia Analisis Lingkungan.

# MOTTO

“Seseorang itu dilihat dan dinilai dari perbuatannya, dan bukan hanya dari perkataannya saja”.

“Keep moving forward, whatever happens, always keep the faith in your mind” (Christian Paul P Sidabalok).

“Janganlah hendaknya kamu kuatir tentang apapun juga, tetapi nyatakanlah dalam segala hal keinginanmu kepada Allah dalam doa dan permohonan dengan ucapan syukur”. (Filipi 4:6).

"Mintalah, maka akan diberikan kepadamu, carilah, maka kamu akan mendapat; ketoklah, maka pintu akan dibukakan bagimu" (Matius 7:7).

“I can do everything through Christ who strengthens me”.

“Bermimpilah seakan kau akan hidup selamanya. Hiduplah seakan kau akan mati hari ini” (James Dean).

“The more you give, the more you will get”.

“Learn from the past, live for today, and plan for tomorrow”.

*Karya Kecilku ini  
kupersembahkan untuk Bapak  
dan Mamiku, serta kakak dan  
adikku yang selalu mensupport  
dan menyayangiku 😊.*

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

Tuhan Yesus Kristus. Terimakasih untuk segala berkat dan karunianya yang telah dilimpahkan pada saya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.

Kedua orangtuaku, Bapak Ir. Budiman Sidabalok dan Mami Emmyrita Sinurat. Saya ucapkan banyak Terimakasih untuk doa, dukungan, motivasi, arahan, perhatian, nasihat untuk langkah apapun yang saya ambil. Dan tidak pernah lelah untuk selalu mengayomi walaupun terkadang saya sering melanggar perintah mereka. Kalian berdua adalah perpanjangan tangan Tuhan yang terlihat di mata saya. Tanpa dukungan Bapak dan Mami skripsi ini mungkin tidak akan selesai.

Kakakku Christine Bunga Ellora Sidabalok dan adikku Christ Raymond Einstein Sidabalok, yang selalu mendukung dan memberi semangat saat sedang dilanda kesulitan untuk menyelesaikan skripsi ini. Both of you are the best Partner in my life.

Keluarga besar Sidabalok dan Sinurat yang selalu mendukung, hingga terselesaikannya skripsi ini.

Terimakasih banyak saya ucapkan kepada Ibu Rinawati, Ph.D, Bapak Diky Hidayat, M.Sc., Ibu Dr. Ni Luh Gede Ratna Juliasih, Bapak R. Supriyanto, M.S., dan Ibu Zipora Sembiring yang selalu sabar membimbing saya dalam mengerjakan penelitian dan skripsi ini.

Seluruh sahabat dan teman-teman yang tidak henti-hentinya memberikan semangat, dukungan, dan motivasi ketika penulis mengalami kesulitan dalam pengerjaan skripsi ini.

Almamater tercinta Universitas Lampung.

## SANWACANA

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa, Tuhan Yesus Kristus yang maha baik dan maha penyayang yang telah memberikan berkat dan anugerah yang sungguh besar sehingga Penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Optimasi Adsorpsi Senyawa *Phenanthrene* Menggunakan Nanosilika dari Sekam Padi yang Difungsionalisasikan Menggunakan *Diphenylamine***” sebagai syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains pada Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

Dalam pelaksanaan dan penulisan skripsi ini tidak lepas dari kesulitan dan rintangan, namun itu semua dapat penulis lalui berkat dukungan, bantuan, dan dorongan semangat dari orang-orang yang hadir di kehidupan penulis. Dalam kesempatan ini, penulis menyampaikan terimakasih setulus-tulusnya kepada :

1. Kedua orangtua yang saya cintai, Bapak Ir. Budiman Sidabalok dan Mami Emmyrita Sinurat, terimakasih atas kasih sayang, semangat, serta segala bentuk pengorbanan Bapak dan Mami baik keringat, materi, seluruh kasih sayang, cinta, kesabaran, ketulusan, nasihat, dan doa sehingga saya dapat menyelesaikan studi hingga menjadi Sarjana.
2. Kakakku Christine Bunga Ellora Sidabalok, S.H. dan adikku Christ Raymond Einstein Sidabalok, yang telah memberikan doa, semangat, kasih sayang, dukungan, dan canda tawa yang selalu mengisi hari-hariku dengan penuh warna, baik suka maupun duka. Keluarga besar penulis (keluarga besar

Sidabalok dan Sinurat) yang selalu memberikan saran, motivasi, dukungan dan doa kepada penulis.

3. Ibu Rinawati, Ph.D., selaku pembimbing I atas bimbingan, perhatian, nasehat, saran, ilmu, bantuan, motivasi, serta kesabaran membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. yang telah diberikan kepada penulis selama menjadi mahasiswa.
4. Bapak Diky Hidayat, M.Sc., selaku pembimbing II penelitian yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan, bimbingan, nasehat, saran, motivasi, serta kesabaran membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Ibu Dr. Ni Luh Gede Ratna Juliasih, M.Si., selaku penguji penelitian yang telah memberikan ilmu, perhatian, bimbingan, kritik, saran, dan arahan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
6. Bapak R. Supriyanto, M.S., selaku dosen yang selalu memberikan motivasi, dukungan, arahan, nasihat, semangat, dan perhatiannya kepada penulis dalam kegiatan perkuliahan sehari-hari dan selama berlangsungnya penelitian.
7. Ibu Dr. Zipora Sembiring, M.S., selaku pembimbing akademik yang telah memberikan motivasi, arahan, serta saran kepada penulis dalam kegiatan perkuliahan hingga menjadi seorang sarjana.
8. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T., selaku ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
9. Bapak Prof. Warsito, S.Si., D.E.A., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
10. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA Unila yang telah mendidik dan memberikan ilmu pengetahuan yang sangat bermanfaat kepada penulis

selama kuliah. Semoga ilmu yang diberikan dapat bermanfaat dan berguna bagi penulis dan orang di sekitar penulis.

11. Kak Wagiran, S.Si., yang telah mengajarkan dan membantu kegiatan penelitian serta penyelesaian skripsi ini.
12. Pak Gani, mba Ani, mas Nomo, pak Man, Uni, mba Liza, mba Widya, pak John Isman, dan segenap staff administrasi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
13. Untuk Rinawati's *Research Group* : khususnya *partner* penelitian yaitu Ferdian Dicky Permana dan Lulu Nur Rachmi. Terimakasih atas kerjasama, bantuan, konflik, saran, kritik, nasihat dukungan, motivasi, dan doa terhadap penulis dalam menyelesaikan penelitian dan skripsi ini.
14. Untuk teman-teman sepermainan dan seperjuanganku yang suka berkumpul di "Markas" yaitu "THE FURIOUS FIVE", yang terdiri atas Riyan Wahyudi (Pakar Wanita) , Ferdian Dicky Permana (Pemilik Markas yang mungkin bosan dijadikan tempat tongkrongan), Rezky Adji Pratama (Laki-laki terhoki seangkatan), dan Radho Al-Kausar (Seorang yang sering linglung).  
Terimakasih atas kebersamaannya, keceriaan, dukungan, perhatian, doa, nasihat, kritik, saran, dan waktu yang telah kita habiskan bersama selama masa perkuliahan. Aku tidak akan melupakan kalian dan semoga kita dapat bertemu kembali dengan masing-masing pribadi sudah menjadi orang yang sukses.
15. Kepada teman-teman anggota "Trio Somplak", yaitu Agung Setyo Wibowo (Seorang lelaki autis yang masih mencari jati diri dan identitas diri) yang selalu dapat diandalkan pada saat saya sedang dalam keadaan sulit maupun

senang, terimakasih atas nasihat, kritik, saran dan dukungannya selama ini, saya tidak akan pernah melupakan kebaikanmu sampai kapanpun. Dan juga terimakasih kepada Shela Anggun Septiana (Pawang Lelaki dan penari handal) atas dukungan, kritik, saran, semangat, motivasi, dan bantuannya selama ini. Semoga kita semua dapat menjadi orang sukses di masa yang akan datang.

16. Keluarga seperjuanganku Kimia 2013 (CHETIR): Anggun Ferliasari Pertiwi, Antonius Wendy Antono, Andreas Doddy Prabowo, Anggi Widiawati, Anita Sari, Arief Aulia Rahman, Arni Nadiya Ardelita, Aulia Pertiwi Tri Yuda, Awan Gunaefi, Badiatul Niqmah, Della Mita Andini, Dewi Citra Ariani, Dewi Rumondang, Dian Tanti Ningsih, Dona Mailani Pangestika, Eka Maharani, Eka Setiososari, Erva Alhusna, Esti Sandra Pertiwi, Ezra Reinsky Tiarsa, Faradilla Dwi Friscancelli, Fathania Sejati, Fatimah, Febri Ardiansyah, Fentri Hariyanti, Fera Lasriama Manalu, Ferdian Dicky Permana, Fika Putri Aulia, Gesa Gustami Pangesti, Hermayana Simamora, Hernora Adis Parlina, Indah Tri Yulianti, Inggit Borisha, Ismi Ambalika, Kartika Agus Kusuma, Khairunisa, Mba Nanda, Khalimatus Sa'diah, Khomsatun Khasanah, Korina Sarah Selviana, Kurnia Octaria, Lindawati, Lulu Nur Rachmi, M. Sanubara Priamorta, Maya Retnasari, Megafhit Puspitarini, Mega Mawarti, Melia Tri Anggraini, Melita Sari, Mia Permatasari, Mita Sasta Viana, Monica Dhamayanti, Murnita Anggraini, Nur Hastriana, M. Ainurridho, Radho Al-Kausar, Nessia Kurnia, Nita Yulian, Nova Tri Irianti, Nur padilla, Nurma, Nurul Fatimah, Oci Rianti, Prasetyaning Tyas Chakti, Renita Susanti, Rezky Adji Pratama, Rian Fadlya

Amha, Riska Martina, Riski Rahmadani, Riyan Wahyudi, Shela Anggun Septiana, Shelta Mei Inorisa, Sinta Dewi O, Siti Mudmainah, Siti Nabila Shofa, Sri Utami, Sri Wahyuni, Tika Cynthia, Tya Gita Putri Utami, Verdi Virgiawan, Veronika Netty Keleniya Manalu, Vyna Ayu Ramadian Saputri, Wahyuni Dewi Lestari, Widya Aryani, Yolanda Larasati, Yudha Ari Satria, Yulia Arizawati, Yunita Febrianti, Yunitri Sianturi, Yuvica Oktaviana Putri, dan Vicka Andini. Terimakasih persahabatan, pertemanan, dan kekeluargaannya selama ini. Semoga silaturahmi kita tetap terjaga dan kita semua menjadi orang yang sukses di masa depan serta berguna bagi nusa, bangsa, dan orang tua :).

17. Keluarga KKN ku Tanjung Ratu atau dikenal “Tim Gabut KKN” yaitu Asep Fathurrahman Z, Anggun Lestari, Darul Kutni Al Murowi , Gregorius Kevin Abellio Pratama, Megafhit Puspitarini, dan M. Nur Syuhada. Terimakasih atas kebersamaan, pengorbanan, dukungan selama masa-masa sulit KKN maupun setelah KKN, semoga tali persaudaraan kita takkan pernah terhenti. Dan semoga kita semua dapat bertemu lagi dan menjadi orang sukses di masa yang akan datang.
18. Kepada Ferdian Dicky Permana, saudara dan teman seperjuangan dari jaman Maba hingga sampai penulis lulus dan menjadi Sarjana Sains. Terima kasih atas kebersamaannya, dukungan, kritik, saran, motivasi, dan kesetiaan kawanannya selama ini. Semoga kita dapat tetap menjadi saudara dan teman seperjuangan serta menjadi orang sukses di masa depan.
19. Teruntuk penghuni grup “Temen 5000an Dapet 3” yaitu Antonius Wendy Antono, Ismi Ambalika, Dian Tanti Ningsih, Dona Mailani Pangestika,

Fatimah , Siti Mudmainah, Ferdian Dicky Permana, Eka Setiososari, Indah Tri Yulianti, Megafhit Puspitarini, Nurma, Yulia Arizawati, M Sanubara Priamorta, Anggi Widiawati, dan Sri Wahyuni. Terimakasih atas canda tawa, suka duka, doa, keceriaan, kebersamaan, perhatian, dan dukungan yang kalian berikan kepadaku. Semoga di masa depan nanti kita dapat bertemu kembali dengan masing-masing sudah menjadi orang yang sukses.

20. Teman-teman seperjuangan di Laboratorium Instrumentasi (Lab bawah yang banyak tekanan dari pihak luar), yaitu: Nurma, Rezky Adji Pratama, Ferdian Dicky Permana, Lulu Nur Rachmi , Fendi Setiawan, Dinda Mezia, Agung Setyo Wibowo, M Firdaus, Yuvica Oktaviana, Fera Manalu, Anita Sari, dan masih banyak lagi. Terimakasih atas segala perhatian, dukungan, nasihat, kritik, dan sarannya selama ini. Semoga di masa depan masing-masing dari kita semua dapat menjadi orang yang sukses dan kelak kita akan bertemu lagi.
21. Teman-teman seperjuangan di Laboratorium UPT-LTSIT (Unit Pelayanan Teknis-Laboratorium Terpadu Sentra Inovasi Teknologi), yaitu: Ferdian Dicky Permana, Lulu Nur Rachmi, Sri Utami, Faradilla Dwi Friscancelli, Tya Gita Putri Utami, mba Febyta Glyssenda, kak Arik Irawan, kak Ari Susanto, Riska Martina, dan Dewi Citra Ariani yang selalu memberikan warna, semangat, keceriaan, dukungan, saran, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
22. Almamater tercinta Universitas Lampung.
23. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang secara tulus dan ikhlas memberikan bantuan moril dan materil kepada penulis.

Akhir kata, penulis memohon maaf kepada semua pihak apabila skripsi ini masih kurang dari kesempurnaan. Penulis berharap semoga skripsi yang sederhana ini dapat berguna dan bermanfaat sebagaimana mestinya. Amin.

Bandar Lampung, November 2017  
Penulis

**Christian Paul Partogi Sidabalok**

## DAFTAR ISI

Halaman

|  |     |
|--|-----|
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                              | iii |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                             | v   |
| <b>I. PENDAHULUAN</b>                                  |     |
| A. Latar Belakang.....                                 | 1   |
| B. Tujuan Penelitian.....                              | 6   |
| C. Manfaat Penelitian.....                             | 6   |
| <b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>                            |     |
| A. Sekam Padi .....                                    | 7   |
| 1. Pengertian sekam padi.....                          | 7   |
| 2. Manfaat sekam padi.....                             | 8   |
| B. Silika.....   | 10  |
| 1. Pengertian silika .....                             | 10  |
| 2. Sifat-sifat silika.....                             | 11  |
| 3. Silika presipitasi .....                            | 12  |
| 4. Nanosilika.....                                     | 14  |
| C. <i>Diphenylamine</i> .....                          | 15  |
| D. PAH (Polisiklik Aromatik Hidrokarbon). .....        | 16  |
| 1. Pengertian PAH .....                                | 16  |
| 2. Karakteristik PAH .....                             | 18  |
| 3. Sumber pencemaran PAH .....                         | 18  |
| 4. Jenis-jenis PAH .....                               | 19  |
| 5. <i>Phenanthrene</i> .....                           | 21  |
| E. Adsorpsi.....                                       | 23  |
| 1. Pengertian adsorpsi.....                            | 23  |
| 2. Mekanisme adsorpsi .....                            | 25  |
| 3. Jenis-jenis adsorpsi .....                          | 26  |
| 4. Faktor-faktor yang mempengaruhi daya adsorpsi ..... | 27  |
| 5. Adsorben dan kriteria adsorben yang baik .....      | 28  |
| 6. Kinetika adsorpsi .....                             | 30  |

|  |    |
|--|----|
| F. Karakterisasi .....   | 33 |
| 1. Spektroskopi inframerah transformasi fourier (FTIR). ....               | 33 |
| 2. Spektroskopi UV-VIS.....  | 35 |
| 3. SEM-EDX (Scanning Electron Microscope-Energy<br>Dispersive X-Ray) ..... | 38 |

### III. METODOLOGI PENELITIAN

|   |    |
|---|----|
| A. Waktu dan Tempat Penelitian.....                               | 40 |
| B. Alat dan Bahan .....   | 40 |
| C. Prosedur Penelitian .....                                      | 41 |
| 1. Ekstraksi silika.....  | 41 |
| 2. Presipitasi silika.....  | 42 |
| 3. Karakterisasi silika .....                                     | 42 |
| 4. Preparasi larutan standar <i>phenanthrene</i> .....            | 42 |
| 5. Penyiapan adsorben .....                                       | 43 |
| 6. Karakterisasi adsorben.....                                    | 43 |
| 7. Pengujian adsorpsi .....                                       | 43 |
| a. Pengaruh penambahan massa adsorben .....                       | 44 |
| b. Pengaruh pH.....   | 44 |
| c. Pengaruh waktu kontak (laju adsorpsi).....                     | 44 |
| d. Pengaruh konsentrasi larutan standar <i>phenanthrene</i> ..... | 45 |

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

|   |    |
|---|----|
| A. Ekstraksi Nanosilika Dari Sekam Padi Dengan Metode<br>Presipitasi..... | 46 |
| 1. Ekstraksi silika.....  | 46 |
| B. Presipitasi ekstrak silika menjadi nanosilika .....                    | 48 |
| C. Karakterisasi SEM-EDX .....  | 50 |
| D. Karakterisasi FTIR .....   | 54 |
| E. Uji adsorpsi.....  | 57 |
| 1. Pengaruh penambahan massa adsorben.....                                | 57 |
| 2. Pengaruh pH .....  | 59 |
| 3. Pengaruh waktu kontak (laju adsorpsi) .....                            | 60 |
| 4. Pengaruh konsentrasi larutan standar <i>phenanthrene</i> . ....        | 63 |
| 5. Proses adsorpsi.. .....  | 66 |

### V. KESIMPULAN DAN SARAN

|                    |    |
|--------------------|----|
| A. Kesimpulan..... | 69 |
| B. Saran .....     | 70 |

### DAFTAR PUSTAKA

### LAMPIRAN

## DAFTAR TABEL

| Tabel   | Halaman |
|---|---------|
| 1. Komposisi kimia sekam padi .....   | 8       |
| 2. Beberapa senyawa PAH dan strukturnya.....  | 20      |
| 3. Massa dan persen ekstraksi silika .....  | 50      |
| 4. Parameter kinetika adsorpsi <i>phenanthrene</i> terhadap Si-DPA.....                             | 63      |
| 5. Parameter isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich <i>phenanthrene</i> pada Si-DPA.....          | 65      |
| 6. Penentuan kurva standar <i>phenanthrene</i> untuk pengaruh penambahan dosis adsorben.....        | 79      |
| 7. Adsorpsi pada <i>phenanthrene</i> dengan pengaruh penambahan massa adsorben.....                 | 79      |
| 8. Penentuan kurva standar <i>phenanthrene</i> untuk pengaruh pH.....                               | 80      |
| 9. Adsorpsi <i>phenanthrene</i> pada adsorben Si-DPA dengan pengaruh pH.....                        | 80      |
| 10. Penentuan kurva standar <i>phenanthrene</i> untuk pengaruh waktu kontak.....                    | 81      |
| 11. Adsorpsi <i>phenanthrene</i> pada adsorben Si-DPA dengan pengaruh waktu kontak .....            | 81      |
| 12. Penentuan kurva standar <i>phenanthrene</i> untuk variasi konsentrasi... ..                     | 82      |
| 13. Adsorpsi <i>phenanthrene</i> pada adsorben Si-DPA dengan variasi konsentrasi.....               | 82      |
| 14. Data perhitungan hasil kinetika pseudo orde satu pada Si-DPA terhadap <i>phenanthrene</i> ..... | 83      |
| 15. Data perhitungan hasil kinetika pseudo orde dua pada Si-DPA terhadap <i>phenanthrene</i> .....  | 85      |

|   |    |
|---|----|
| 16. Data perhitungan dengan persamaan Langmuir pada adsorpsi<br><i>phenanthrene</i> oleh Si-DPA .....   | 87 |
| 17. Data perhitungan dengan persamaan Freundlich pada adsorpsi<br><i>phenanthrene</i> oleh Si-DPA ..... | 89 |
| 18. Kadar unsur silika .....  | 91 |
| 19. Kadar unsur Si-DPA .....  | 92 |

## DAFTAR GAMBAR

| Gambar  | Halaman |
|---|---------|
| 1. Struktur <i>diphenylamine</i> .....                      | 15      |
| 2. Struktur senyawa PAH.....                                | 17      |
| a). <i>Naphthalane</i> .....                                | 17      |
| b). <i>Anthracene</i> .....                                 | 17      |
| c). <i>Phenanthrene</i> .....                               | 17      |
| d). <i>Pyrene</i> .....                                     | 17      |
| 3. Struktur <i>phenanthrene</i> .....                       | 22      |
| 4. Skema alat FTIR .....                                    | 35      |
| 5. Skema alat Spektroskopi UV-VIS .....                     | 37      |
| 6. Diagram kerja SEM.....                                   | 39      |
| 7. Pencucian sekam dengan air panas .....                   | 46      |
| 8. Larutan natrium silikat yang dihasilkan.....             | 48      |
| 9. Endapan pada larutan natrium silikat.....                | 49      |
| 10. Pellet larutan natrium silikat .....                    | 49      |
| 11. Serbuk silika.....                                      | 50      |
| 12. a) silika perbesaran 5000 x.....                        | 51      |
| b) silika perbesaran 10000 x dengan ukuran partikelnya..... | 51      |
| c) Si-DPA perbesaran 5000 x.....                            | 51      |
| d) Si-DPA perbesaran 10000 x .....                          | 51      |
| 13. Spektrum EDX silika dari sekam padi.....                | 52      |
| 14. Spektrum EDX Si-DPA .....                               | 54      |
| 15. Spektrum IR.....  | 55      |
| a) Silika .....   | 55      |
| b) Si-DPA.....  | 55      |

|  |    |
|--|----|
| 16. Kurva hubungan antara jumlah <i>phenanthrene</i> teradsorpsi dengan massa adsorben Si-DPA.....                                     | 58 |
| 17. Kurva hubungan antara jumlah <i>phenanthrene</i> yang teradsorpsi dengan pengaruh pH pada Si-DPA .....                             | 59 |
| 18. Kurva pengaruh waktu kontak pada adsorpsi <i>phenanthrene</i> oleh Si-DPA.....   | 60 |
| 19. Kinetika pseudo orde satu adsorpsi <i>phenanthrene</i> pada Si-DPA.....  | 61 |
| 20. Kinetika pseudo orde dua pada Si-DPA terhadap <i>phenanthrene</i> .....  | 62 |
| 21. Kurva hubungan antara jumlah <i>phenanthrene</i> yang teradsorpsi dengan variasi konsentrasi <i>phenanthrene</i> oleh Si-DPA ..... | 63 |
| 22. Pola isoterm Langmuir pada Si-DPA yang diinteraksikan dengan <i>phenanthrene</i> .....   | 64 |
| 23. Pola isoterm Freundlich pada Si-DPA yang diinteraksikan dengan <i>phenanthrene</i> .....   | 65 |
| 24. Proses adsorpsi <i>phenanthrene</i> oleh adsorben Si-DPA.....  | 67 |
| 25. Kurva hasil pengukuran panjang gelombang maksimum <i>phenanthrene</i> .....  | 78 |
| 26. Kurva standar <i>phenanthrene</i> untuk pengaruh penambahan massa adsorben.....  | 79 |
| 27. Kurva standar <i>phenanthrene</i> untuk pengaruh pH .....  | 80 |
| 28. Kurva standar <i>phenanthrene</i> untuk pengaruh waktu kontak.....   | 81 |
| 29. Kurva standar <i>phenanthrene</i> untuk variasi konsentrasi.....   | 82 |
| 30. Pola kinetika pseudo orde satu pada Si-DPA terhadap <i>phenanthrene</i> .....  | 84 |
| 31. Pola kinetika pseudo orde dua pada SI-DPA terhadap <i>phenanthrene</i> .....   | 86 |
| 32. Pola isoterm adsorpsi menurut model Langmuir pada <i>phenanthrene</i> oleh Si-DPA.....   | 88 |
| 33. Pola isoterm adsorpsi menurut model Freundlich pada <i>phenanthrene</i> oleh Si-DPA.....   | 90 |

## **I. PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Padi sebagai sumber bahan makanan pokok bangsa Indonesia, kebutuhannya meningkat dari tahun ke tahun sehingga mengakibatkan peningkatan limbah sekam yang dihasilkan. Sekam padi merupakan produk samping dari industri penggilingan padi. Industri penggilingan dapat menghasilkan 65% beras, 20% sekam padi dari berat gabah, dan sisanya hilang (Somaatmadja, 1980). Saat ini hasil samping pengolahan padi serta limbahnya belum dimanfaatkan secara maksimal. Pemanfaatan sekam padi secara komersial masih relatif rendah. Hal ini disebabkan oleh karakteristik sekam padi yaitu bersifat kasar, bernilai gizi rendah, memiliki kerapatan yang rendah, dan kandungan abu yang cukup tinggi (Houston, 1972).

Sekam padi merupakan bagian luar yang melapisi bulir padi, yang diproduksi dari proses penggilingan padi. Kebanyakan sekam padi biasanya dibuang begitu saja atau dibakar di ruang terbuka, sehingga akan menyebabkan kerusakan pada tanah dan pencemaran lingkungan. Banyak usaha telah dilakukan untuk memanfaatkan sekam padi termasuk sebagai bahan bakar alternatif dan sebagai bahan baku untuk pembuatan industri kimia yang didasarkan pada silika dan senyawa silikon. Bagian terbesar dari sekam padi adalah bahan-bahan organik seperti hemiselulosa,

selulosa, dan sisanya abu sekitar 17-20 %. Abu dari sekam padi mengandung >90% silika dan logam-logam pengotor lainnya (Bakar dkk, 2016).

Silika ( $\text{SiO}_2$ ) merupakan suatu oksida asam yang secara luas tersebar dalam kristal alam, kuarsa, pasir, dan lain lain. Jumlahnya sebesar 12% dari kerak bumi.

Dalam molekul silika, masing-masing atom silikon berikatan dengan 4 atom oksigen dan masing-masing atom oksigen berikatan dengan dua atom silikon melalui ikatan Si-O (Tian dan Guo, 2017). Silika sering digunakan sebagai *dessicant*, komponen katalisator, dan adsorben (Harsono, 2002). Penggunaan silika sebagai adsorben banyak diaplikasikan karena silika memiliki bentuk yang sangat berpori serta luas permukaan yang besar sehingga memiliki kemampuan penyerapan yang tinggi.

Adsorben merupakan zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu pada suatu fase fluida. Kebanyakan adsorben adalah bahan-bahan yang sangat berpori dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding pori- pori atau pada letak-letak tertentu di dalam partikel itu. Adsorben ini sendiri dapat digunakan untuk menyerap polutan-polutan pencemar lingkungan seperti limbah industri pada perairan, logam-logam berat, dan senyawa organik pencemar lingkungan yang salah satunya adalah senyawa polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH). Senyawa PAH pada perairan dapat bersumber dari limbah minyak, pembakaran bahan organik, dan bahan bakar fosil yang tidak sempurna (Effendi, 2003). PAH juga dapat berasal dari pembakaran tak sempurna, gas cerobong asap, atau aktivitas gunung berapi.

PAH (polisiklik aromatik hidrokarbon) merupakan senyawa hidrokarbon yang mengandung lebih dari satu cincin aromatik dalam satu molekul (Wardhana, 1995). PAH terdiri dari 2 atau lebih rantai karbon siklik yang memiliki stabilitas yang tinggi di lingkungan, mempunyai sifat hidrofobik yang tinggi dan struktur kimia yang stabil, sifatnya tidak mudah larut dan dapat dengan cepat terserap melalui partikel tanah, terutama pada bahan-bahan organik (Edward, 2013).

Senyawa PAH pada perairan dapat tersebar dari pembuangan minyak yang bersifat volatil, lajur pembuangan air, yang kemudian akan mengalami kontak langsung kepada jaringan ikan yang akan terakumulasi dalam jaringan adiposa, kelenjar, otak, insang, hati, gonad, dan otot (Jazza dkk, 2015). Hal ini dapat membahayakan manusia yang mengonsumsi ikan-ikan yang ada di laut karena dapat meracuni tubuh orang yang mengonsumsi ikan-ikan tersebut. Oleh karenanya, PAH di dalam perairan tersebut harus dihilangkan untuk meminimalisir kandungan senyawa PAH dalam perairan tersebut.

Berdasarkan beberapa metode yang telah diuji oleh para peneliti, adsorpsi merupakan salah satu metode paling efektif untuk mengatasi polutan-polutan organik, karena proses yang lebih sederhana, biaya relatif murah, dan ramah lingkungan. Metode adsorpsi menggunakan suatu adsorben yang harus dapat menyerap polutan dengan baik sehingga adsorben yang digunakan harus memiliki pori atau memiliki luas permukaan yang besar, sehingga memiliki daya adsorpsi yang besar. Silika baik digunakan sebagai adsorben karena silika memiliki bentuk yang sangat berpori dan memiliki luas permukaan yang besar, sehingga baik digunakan sebagai adsorben.

Pada saat ini, silika telah dikembangkan menjadi material nano, yang disebut sebagai nanosilika. Nanosilika merupakan silika yang dibuat dalam skala nano ( $10^{-9}$ m) yang penggunaannya pada bidang industri semakin meningkat (Siswanto dkk, 2012). Nanosilika memiliki kemampuan penyerapan yang tinggi, sehingga sangat baik digunakan sebagai adsorben. Hal ini dikarenakan nanosilika memiliki ukuran partikel yang jauh lebih kecil dibandingkan silika jenis biasa dan menyebabkan nanosilika memiliki luas permukaan yang jauh lebih besar, serta memiliki kemampuan penyerapan yang sangat tinggi. Nanosilika sendiri dapat diproduksi secara industri menggunakan natrium silikat sebagai sumber silikanya (Liou dan Yang, 2010).

Nanosilika bisa diperoleh dengan metode-metode tertentu, diantaranya adalah *sol-gel process*, *gas phase process*, *chemical precipitation*, *emulsion techniques*, *plasma spraying*, dan *fogging process* (polimerisasi silika terlarut menjadi organo silika). Nanosilika juga dapat diperoleh melalui ekstraksi menggunakan larutan asam yang tidak pekat (Carmona dkk, 2012).

Pada penelitian ini, nanosilika diekstrak menggunakan metode presipitasi dikarenakan silika presipitasi dalam bentuk *powder* atau bubuk memiliki struktur yang lebih terbuka dengan jumlah pori yang lebih banyak dibanding silika gel dalam bentuk yang sama. Selanjutnya, nanosilika yang diperoleh akan digunakan untuk mengadsorpsi senyawa PAH untuk mengurangi pencemaran PAH di lingkungan.

Dalam penelitian ini dilakukan adsorpsi salah satu senyawa PAH (*phenanthrene*) menggunakan adsorben berupa nanosilika yang dihasilkan menggunakan metode

presipitasi. Walaupun kemampuan nanosilika mengadsorpsi cukup baik namun material ini tidak dapat digunakan sebagai adsorben secara langsung untuk mengadsorpsi senyawa *phenanthrene*, karena nanosilika masih mempunyai kelemahan yaitu adanya perbedaan sifat hidrofilik yang dimiliki nanosilika dengan sifat hidrofobik yang dimiliki oleh senyawa *phenanthrene*. Untuk mengatasi kelemahan itu, perlu dilakukan modifikasi pada nanosilika dengan cara fungsionalisasi menggunakan suatu senyawa yang bersifat hidrofobik, untuk meningkatkan sifat hidrofobik dari nanosilika sehingga dapat mengadsorpsi PAH lebih optimal. *Diphenylamine* (DPA) dipilih sebagai gugus fungsionalisasi yang digunakan untuk memodifikasi nanosilika, dikarenakan DPA bersifat hidrofobik (Drzyzga, 2013). Menurut penelitian yang dilakukan (Bianchi dkk, 2012), material nano yang difungsionalisasi menggunakan senyawa *diphenyl* cocok digunakan untuk mengadsorpsi senyawa PAH, seperti *naphthalene*, *fluorene*, *phenanthrene*, *pyrene*, *chrysene*, dan lain-lain. Menurut (Long dkk, 2012) adsorpsi senyawa PAH menggunakan *triphenylamine* yang difungsionalisasikan pada mikrosilika memperoleh % adsorpsi yang tinggi, yaitu > 90%. Oleh karenanya, adsorpsi senyawa *phenanthrene* ini dilakukan dengan menggunakan adsorben berupa nanosilika yang dihasilkan menggunakan metode presipitasi serta dilakukan fungsionalisasi dengan menggunakan DPA yang dioptimasi berdasarkan pengaruh penambahan massa adsorben, pH, waktu kontak, dan variasi konsentrasi larutan standar *phenanthrene*.

## **B. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengekstrak nanosilika dari sekam padi yang merupakan limbah dari hasil penggilingan padi.
2. Untuk menguji daya adsorpsi nanosilika dari sekam padi yang difungsionalisasi dengan menggunakan DPA (Si-DPA).
3. Optimasi adsorpsi senyawa *phenanthrene* pada Si-DPA dengan melihat pengaruh penambahan massa ardsoben, pH, waktu kontak, dan konsentrasi larutan standar *phenanthrene*.

## **C. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi pemanfaatan sekam padi yang merupakan limbah penggilingan padi menjadi suatu silika yang dapat digunakan menjadi adsorben dan bernilai ekonomis.
2. Menghilangkan senyawa PAH sebagai polutan organik dengan memanfaatkan adsorben yang diperoleh dari limbah pertanian masyarakat.

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **A. Sekam padi**

#### **1. Pengertian sekam padi**

Sekam padi merupakan produk samping dari industri penggilingan padi. Industri penggilingan padi dapat menghasilkan 65% beras, 20% sekam padi, dan sisanya hilang. Jika sejumlah sekam padi yang dihasilkan dari industri penggilingan padi tidak dikelola dan dimanfaatkan dengan baik maka akan menimbulkan pencemaran lingkungan. Sekam padi dianggap sebagai bahan yang kurang bermanfaat dan bernilai gizi rendah (Ismunadji, 1988).

Studi menunjukkan bahwa sekam padi, terutama abunya merupakan salah satu sumber penghasil silika sempurna (mengandung >60% silika amorf) (Lee dkk, 2017). Abu sekam padi mengandung silika dalam jumlah besar (>92%), sehingga abu sekam padi memiliki potensial nilai ekonomis yang tinggi (Kumar dkk, 2012).

Sekam padi merupakan bagian pelindung terluar dari padi (*Oryza sativa*). Dari proses penggilingan dihasilkan sekam sebanyak 20-30%, dedak 8-12%, dan beras giling 52% bobot awal gabah. Setelah proses penggilingan padi, sekam biasanya akan dibakar untuk digunakan sebagai bahan bakar alternatif, yang apabila

memasuki ekosistem dapat menyebabkan polusi udara, tanah, bioakumulasi, dan silikosis (Mor dkk, 2016). Sekam padi merupakan limbah pertanian yang melimpah dan diketahui mengandung 4 silika dalam bentuk oksida ( $\text{SiO}_2$ ) sekitar 22% (Prasad dan Pandey, 2012).

Sekam padi merupakan produk samping yang melimpah dalam proses penggilingan padi, yaitu sekitar 20% dari bobot gabah. Sekam padi terdiri dari senyawa organik dan senyawa anorganik. Komposisi senyawa organik dalam sekam padi terdiri atas protein, lemak, serat, pentosa, selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Sedangkan komposisi senyawa anorganik biasanya terdapat dalam abunya. Komposisi sekam padi dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Komposisi kimia sekam padi

| No | Komponen               | % Berat     |
|----|------------------------|-------------|
| 1  | $\text{H}_2\text{O}$   | 2,4-11,35   |
| 2  | <i>Crude Protein</i>   | 1,7-7,26    |
| 3  | <i>Crude Fat</i>       | 0,38-2,98   |
| 4  | Ekstrak Nitrogen Bebas | 24,7-38,79  |
| 5  | <i>Crude Fiber</i>     | 31,37-49,92 |
| 6  | Abu                    | 13,16-29,04 |
| 7  | Pentosa                | 16,94-21,95 |
| 8  | Selulosa               | 34,34-43,80 |
| 9  | Lignin                 | 21,40-46,97 |

(Houston, 1972).

## 2. Manfaat sekam padi

Sekam padi sebagai limbah pertama dari penggilingan padi memiliki potensi cukup besar dalam industri, diantaranya sebagai berikut:

a. Sumber silika

Silika dapat diperoleh dengan membakar sekam pada suhu tertentu sehingga dihasilkan abu yang berwarna keputih-putihan yang mengandung silika sebagai komponen utamanya.

b. Penghasil pelarut berupa minyak

Pemasakan sekam dengan adanya larutan asam dalam proses destilasi uap akan menghasilkan minyak yang berfungsi sebagai pelarut. Juga sebagai bahan baku industri kimia, terutama kandungan zat kimia furfural.

c. Bahan bangunan

Sekam digunakan pada bahan bangunan terutama kandungan silika ( $\text{SiO}_2$ ) untuk campuran pada pembuatan semen *portland*, bahan isolasi, *husk-board*, campuran pada industri bata merah, seperti cetakan batu bata, dan batu bata tulis. Hal ini penting untuk membuat batu bata dan beton lebih ringan. Sekam padi juga dapat digunakan untuk membuat papan kedap air bagi bangunan.

d. Bahan bakar

Sekam dipakai untuk menggerakkan mesin di dalam penggilingan padi. Selain itu dipakai untuk memanaskan udara dalam pengeringan padi. Sumber energi panas karena kadar selulosanya cukup tinggi sehingga dapat memberikan pembakaran yang merata dan stabil. Jika diinginkan tidak ada asap dan pemanasan lebih lama, maka sekam digunakan dalam bentuk briket arang sekam.

e. Bahan pengampelas

Kandungan silika yang sangat tinggi pada bagian luar sekam mengakibatkan kekerasan yang tinggi pada sekam. Hal tersebut membuat sekam mempunyai sifat *abrasive* (sifat keras) sehingga dapat digunakan sebagai pembersih dan politer (Laksmono dan Ardiyanto, 1999).

## **B. Silika**

### **1. Pengertian silika**

Silika adalah senyawa kimia dengan rumus molekul  $\text{SiO}_2$  (silikon dioksida) yang dapat diperoleh dari silika mineral, nabati, dan sintesis kristal (Bragmann dan Goncalves, 2006). Silika merupakan salah satu elemen yang paling berlimpah di bumi, sehingga banyak dimanfaatkan untuk pembuatan gelas, keramik, dan *silicon* secara tradisional (Kang dkk, 2017).

Selain terbentuk secara alami, silika dengan struktur kristal tridimit dapat diperoleh dengan cara memanaskan pasir kuarsa pada suhu  $870^\circ\text{C}$  dan bila pemanasan dilakukan pada suhu  $1470^\circ\text{C}$  dapat diperoleh silika dengan struktur kristobalit (Cotton dan Wilkinson, 1989). Silika juga dapat dibentuk dengan mereaksikan silikon dengan oksigen atau udara pada suhu tinggi (Iler, 1979).

Kelarutan dari silika dari abu sekam padi sangat rendah pada  $\text{pH} < 10$  dan meningkat secara tajam pada  $\text{pH} > 10$ , sehingga ekstraksi silika dari abu sekam padi banyak dilakukan dengan menggunakan pelarut alkali. Untuk mendapatkan pengendapan silika setelah proses ekstraksi, maka dilanjutkan dengan proses

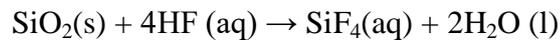
pengendapan pada pH rendah menggunakan larutan asam (Agung dkk, 2013). Di alam, senyawa silika ditemukan dalam beberapa bahan alam, seperti pasir kuarsa, gelas, dan sebagainya. Silika sebagai senyawa yang terdapat di alam berstruktur kristalin, sedangkan sebagai senyawa sintetis adalah amorf (Sulastri dan Kristianingrum, 2010).

## 2. Sifat-sifat silika

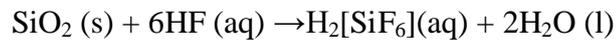
Silika mempunyai berbagai sifat kimia diantaranya adalah sebagai berikut:

### a. Reaksi asam

Silika relatif tidak reaktif terhadap asam kecuali terhadap asam hidrofiorida dan asam posfat.

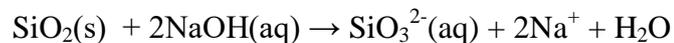


Dalam asam berlebih reaksinya adalah:



### b. Reaksi basa

Silika dapat bereaksi dengan basa, terutama dengan basa kuat, seperti dengan hidroksida alkali.



Bentuk-bentuk silika merupakan beberapa struktur kristal yang penting bukan saja karena silika merupakan zat yang melimpah dan berguna, tetapi karena strukturnya ( $\text{SiO}_4$ ) adalah unit yang mendasar dalam kebanyakan mineral.

Kadar silika memiliki dua ciri utama yaitu:

1. Setiap atom *silicon* berada pada pusat suatu tetrahedron yang terdiri dari empat atom oksigen.
2. Setiap atom oksigen berada ditengah tengah antara dua atom *silicon*.

Sifat-sifat fisika dari mineral silikat dapat dilihat seperti di bawah ini:

-Sifat fisika silika

|               |  |
|---------------|--|
| Nama IUPAC    | : Silikon dioksida   |
| Nama lain     | : Kuarsa, silika, silikat dioksida, <i>silicon</i> (IV) oksida |
| Rumus molekul | : SiO <sub>2</sub>   |
| Massa molar   | : 60,08 g mol <sup>-1</sup>                                    |
| Penampilan    | : Kristal transparan   |
| Titik lebur   | : 1600-1725°C  |
| Titik didih   | : 2230°C   |

(Svehla, 1985).

### 3. Silika presipitasi

Silika presipitasi yang biasa disebut *particulate* silika, terbentuk baik dari fase uap maupun dari presipitasi larutan. Silika presipitasi dalam bentuk *powder* atau bubuk memiliki struktur yang lebih terbuka dengan volume pori yang lebih tinggi daripada silika gel dalam bentuk yang sama. Silika dapat dipresipitasi dari larutan natrium silikat dengan menggunakan konsentrasi yang lebih rendah daripada dalam pembuatan gel. Proses presipitasi terjadi dalam beberapa langkah diantaranya adalah nukleasi partikel, pertumbuhan partikel menjadi ukuran yang diinginkan, koagulasi untuk membentuk akumulasi dengan kontrol pH dan konsentrasi ion natrium, serta penguatan kumpulan partikel tanpa nukleasi lebih

lanjut. Silika banyak digunakan di industri karena sifat dan morfologinya yang unik, meliputi: luas permukaan serta volume porinya yang besar, kemampuan untuk menyerap berbagai zat seperti air, oli, dan bahan radioaktif. Pada umumnya silika bisa bersifat hidrofobik ataupun hidrofilik sesuai dengan struktur dan morfologinya (Retnosari, 2013).

Silika presipitasi ini sendiri memiliki sifat fisika dan sifat kimia seperti di bawah ini:

**-Sifat fisika:**

|                            |                           |
|----------------------------|---------------------------|
| Bentuk                     | : <i>Powder</i>           |
| Warna                      | : Putih                   |
| <i>Solubility in water</i> | : 0,012 g/100ml           |
| Kandungan silika           | : $\pm 99 \%$             |
| <i>Density</i>             | : 2,634 g/cm <sup>3</sup> |
| <i>Surface area</i>        | : 5-100 m <sup>2</sup> /g |
| <i>Spesific gravity</i>    | : 2                       |

**-Sifat Kimia**

Silika presipitasi memiliki dua gugus fungsi yang berbeda pada permukaannya, yaitu gugus silanol (Si-OH) dan gugus siloksan (Si-O-Si). Kedua gugus fungsi ini mempengaruhi properti pada permukaan sekaligus aplikasi dari silika presipitasi itu sendiri. Suatu permukaan dengan 5-6 gugus silanol per nm<sup>2</sup>, menghasilkan silika presipitasi yang hidrofilik. Sedangkan gugus siloksan bersifat inert secara kimiawi dan kereaktifannya menghasilkan silika presipitasi dengan permukaan yang beragam. Sehingga reaksinya dengan organosilanes atau silikon membuatnya bersifat hidrofobik. Kandungan–kandungan dalam silika presipitasi

dapat dianalisa dengan berbagai metode. Kandungan silika dapat diketahui secara gravimetri menggunakan *hydrofluoric acid*, analisa zat pengotor berupa logam dapat dilakukan dengan AAS, sedangkan kandungan sulfat dapat diperoleh dengan titrasi potensiometri (Retnosari, 2013).

#### 4. Nanosilika

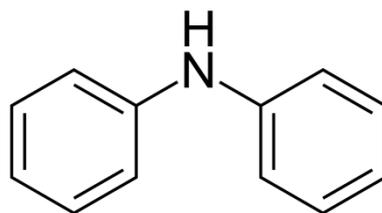
Nanopartikel silika merupakan silika yang dibuat dalam skala nano ( $10^{-9}$  m) yang saat ini penggunaannya pada bidang industri semakin meningkat. Kondisi ukuran partikel bahan baku yang diperkecil membuat produk memiliki sifat berbeda yang dapat meningkatkan kualitas. Pemanfaatan silika yang paling banyak digunakan dan komersial adalah sebagai bahan utama industri gelas dan kaca serta sebagai bahan baku pembuatan sel surya. Silika digunakan sebagai *filler* dalam pembuatan produk karet ban kendaraan untuk meningkatkan kinerja pada kondisi basah, menambah keawetan ban, dan mengurangi dampak gesekan antara jalan dengan permukaan ban (Siswanto dkk, 2012).

Nanopartikel silika memiliki kestabilan yang baik, inert secara kimia, bersifat biokompatibel yang mampu bekerja selaras dengan sistem kerja tubuh, dan membentuk sperik tunggal (Fernandez, 2012). Nanopartikel silika telah terbukti penting dalam beberapa aplikasi bioteknologi dan biomedis seperti biosensor, pembawa obat, pelindung sel, agen pembeda pada *Magnetic Resonance Imaging* (MRI), *ultrasound*, dan alat terapi pada sistem pelepasan obat atau enzim (Rahman dan Padavettan, 2012).

Sintesis nanosilika dapat dilakukan dengan 2 metode pendekatan utama, yaitu: *top-down* dan *bottom-up*. *Top-down* ditandai dengan mengurangi dimensi dari ukuran aslinya dengan memanfaatkan teknik reduksi (pendekatan fisik). *Bottom-up* atau pendekatan kimia melibatkan rute umum yang digunakan untuk memproduksi nanopartikel silika dari skala atom atau molekul. Beberapa metode yang banyak digunakan untuk mensintesis nanopartikel silika diantaranya sol-gel, mikroemulsi terbalik, dan sintesis api. Sol-gel secara luas digunakan untuk memproduksi silika murni karena kemampuannya untuk mengontrol ukuran partikel, distribusi ukuran, dan morfologi melalui pemantauan sistematis parameter reaksi (Rahman dan Padavettan, 2012).

### C. *Diphenylamine*

*Diphenylamine* merupakan senyawa organik yang mempunyai rumus molekul  $(C_6H_5)_2NH$ . Senyawa ini termasuk dalam derivat anilin, terdiri dari sebuah amina yang terikat dengan 2 buah gugus *phenyl*. Senyawa ini berupa padatan tak berwarna, larut dengan baik dalam pelarut-pelarut organik, dan kurang larut dalam air (hidrofobik) (Drzyzga, 2013). Struktur *diphenylamine* dapat terlihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Struktur *diphenylamine*

*Diphenylamine* memiliki sifat-sifat fisika kimia, seperti di bawah ini :

- Rumus molekul :  $C_{12}H_{11}N$
- Massa molekul : 169.23 g/mol
- Penampilan : Padatan, tak berwarna, kristal coklat
- Bau : Harum, seperti bunga
- Massa jenis : 1,2 g/cm<sup>3</sup>
- Titik didih : 302°C (565,6 F; 577 K)
- Titik leleh : 53°C (129,4 F; 328 K)
- Kelarutan : Air (0,039 mg/ml) (25°C)  
                   Asetonitril (860 mg/ml) (25°C)  
                   Metanol (474 mg/ml) (25°C)  
                   Oktanol (230 mg/ml) (25°C)  
                   Heksana (57mg/ml) (25°C)  
                   (Schetter, 1993)

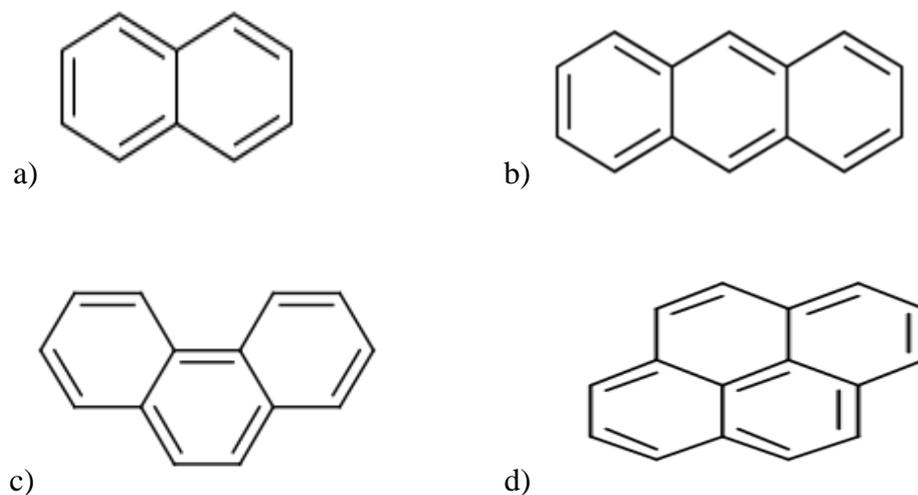
#### **D. PAH (Polisiklik Aromatik Hidrokarbon)**

##### **1. Pengertian PAH**

PAH merupakan golongan polutan organik yang terdiri dari 2 atau lebih cincin aromatik. Banyak dari jenis PAH bersifat sangat toksik, mempunyai sifat karsinogenesis, tetratogenesis, dan mutagenesis. PAH bersumber dari pembakaran tak sempurna atau dekomposisi termal dari bahan bakar fosil, seperti minyak, batu bara, kayu, senyawa polimer organik, jerami, dan zat-zat lain yang mengandung hidrokarbon. PAH terdapat dalam atmosfer, permukaan air, sedimen, dan materi-materi partikulat (Wu dan Shao, 2017).

Contoh senyawa PAH diantaranya adalah *phenanthrene*, *fluoroanthene*, dan *benz[a]anthracene* yang masing-masing memiliki tiga sampai empat cincin aromatik (benzene), kecuali pada *fluoroanthene* yang juga berikatan dengan siklopentana. PAH merupakan senyawa kimia karsinogenik yang terbentuk oleh pembakaran bahan organik yang tidak sempurna pada proses antropogenik seperti pembakaran fosil dan proses alami seperti kebakaran hutan (Itoh dkk, 2008).

Contoh-contoh dari senyawa PAH seperti terlihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Struktur senyawa PAH a). *Naphthalane* b). *Anthracene* c). *Phenanthrene*, dan d). *Pyrene*

PAH adalah senyawa organik yang tersebar luas di alam, bentuknya terdiri dari beberapa rantai siklik aromatik dan bersifat hidrofobik. Senyawa PAH mengandung dua atau lebih cincin benzena, berasal dari pirolisis, pembakaran yang tidak sempurna (pembakaran hutan, buangan motor, gunung api), material yang mengandung karbon dan hidrogen, seperti batu bara, minyak, kayu, dan produk bahan bakar minyak (Dat dan Chang, 2017).

## 2. Karakteristik PAH

PAH dikelompokkan menjadi dua, yaitu PAH dengan bobot molekul rendah yang berupa senyawa dengan cincin aromatik 3 dan bobot molekul tinggi yang berupa senyawa dengan cincin aromatik >3. PAH dengan bobot molekul rendah lebih mudah didegradasi secara biologis dibandingkan dengan bobot molekul tinggi. Selain itu PAH dengan bobot molekul rendah bersifat lebih mudah larut dan mudah menguap, dibandingkan dengan bobot molekul tinggi yang bersifat hidrofobik dan memiliki daya larut rendah.

Jenis PAH yang biasa terdapat di perairan adalah *naphthalene*, *anthracene*, *benzoanthracene*, dan *benzopyrene*. PAH cenderung berasosiasi (berikatan) dengan bahan organik dan anorganik tersuspensi sehingga banyak terdapat pada sedimen dasar (Effendi, 2003).

## 3. Sumber pencemaran PAH

Pada dasarnya sumber pencemaran PAH dapat dibagi menjadi 2 kategori, yaitu:

- Sumber tetap, misalnya industri, pembangkit listrik dan panas, insinerasi, pembakaran terbuka, pembakaran untuk pemanasan di rumah-rumah, dan lain-lain.
- Sumber bergerak, misalnya kendaraan bermotor, transportasi pengangkutan minyak mentah, dan lain-lain.

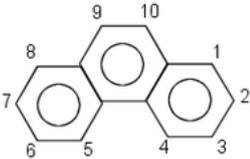
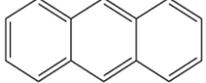
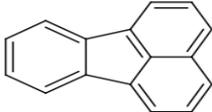
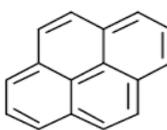
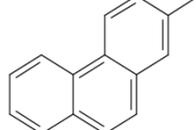
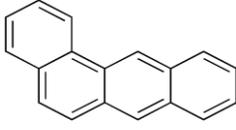
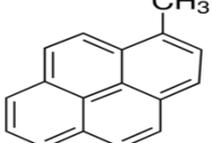
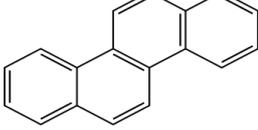
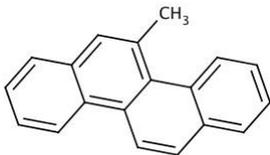
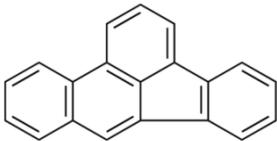
Sumber pencemaran di setiap negara berbeda, misalnya di Belanda diketahui 40% pencemaran PAH berasal dari industri kayu terimpregnasi, 10% dari sektor domestik, dan sisanya berasal dari sumber-sumber lain. Sumber pencemaran

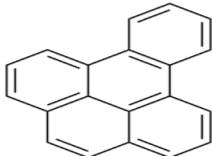
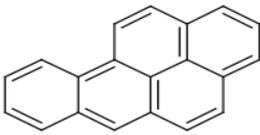
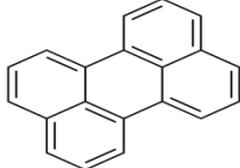
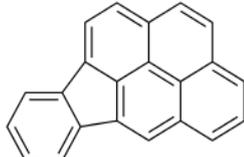
PAH di perairan adalah tumpahan minyak mentah atau produk kapal minyak dari kapal tanker, pengeboran minyak, atau area penyimpanan minyak, air larian, air hujan yang menyerap PAH dari udara dan mengekstrak PAH dari tanah, penyimpanan batubara, dan buangan limbah industri. Selain itu, pelapis pipa jaringan distribusi air minum yang terbuat dari material berbasis tar dan batubara dapat terkikis dan larut dalam air, yang selanjutnya akan terminum oleh konsumen (Barlianti, 2009).

#### **4. Jenis-jenis PAH**

Kelompok senyawa PAH memiliki struktur kimia yang terdiri dari 2 atau lebih cincin aromatik dengan berbagai konfigurasi. PAH ditemukan sebagai senyawa aromatik polisiklis teralkilasi atau produk metabolitnya di lingkungan. PAH dapat terbentuk melalui dekomposisi termal senyawa organik yang mengandung karbon dan hidrogen. Mekanisme pembentukan ini terdiri dari pirolisa atau pembakaran yang tidak lengkap dan karbonisasasi. Setelah terbentuk, PAH dapat mengalami reaksi pirolitik lanjut untuk membentuk senyawa PAH yang lebih besar melalui kondensasi antar molekul dan siklisasi. Senyawa-senyawa PAH bersifat hidrofobik, yaitu tidak larut dalam air atau kelarutannya dalam air sangat rendah. Jenis PAH yang berada di suatu lingkungan berasal dari bahan bakar minyak yang digunakan oleh mesin sebagai alat transportasi. Beberapa senyawa PAH diantaranya terdapat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Beberapa senyawa PAH dan strukturnya

| No | Senyawa PAH         | Struktur   |
|----|---------------------|--|
| 1  | Fenantrena          |    |
| 2  | Antrasena           |    |
| 3  | Fluorantena         |    |
| 4  | Pyrena              |    |
| 5  | Metil Fenantrena    |   |
| 6  | Benz(a)antrasena    |  |
| 7  | Metil Pyrena        |  |
| 8  | Crysen              |  |
| 9  | Metil Crysen        |  |
| 10 | Benzo(b)fluorantena |  |

|    |                        |  |
|----|------------------------|--|
| 11 | Benzo(e)pyrena         |    |
| 12 | Benzo(a)pyrena         |    |
| 13 | Perylena               |    |
| 14 | Indeno(1,2,3-cd)pyrena |    |
| 15 | Benzo(ghi)perylene     |   |
| 16 | Coronen                |  |

---

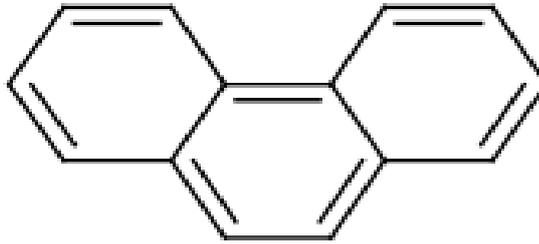
(Zakaria dan Mahat, 2006).

### 5. *Phenanthrene*

*Phenanthrene* merupakan salah satu jenis PAH yang terdiri dari 3 cincin aromatik.

Senyawa ini memiliki rumus molekul  $C_{14}H_{10}$  dengan massa molar  $178,2 \text{ g mol}^{-1}$ .

*Phenanthrene* merupakan padatan tidak berwarna dengan titik lebur  $100^{\circ}\text{C}$  dan titik didih  $340^{\circ}\text{C}$ . Seperti PAH yang lain, *phenanthrene* memiliki sifat hidrofobik, dengan kelarutan dalam air sebesar  $1,2 \text{ mg L}^{-1}$ . Struktur dari *phenanthrene* seperti terlihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Struktur *phenanthrene* (Wahyuningsih, 2013).

*Phenanthrene* biasanya digunakan untuk membuat plastik, pestisida, bahan peledak, dan obat-obatan. Ketika PAH seperti *phenanthrene* terlepas di lingkungan, tidak selalu terjadi pemaparan ke manusia. Seseorang dapat terpapar PAH dengan bernafas, makan, atau minum bahan yang mengandung PAH. Banyak faktor yang mempengaruhi efek bahaya yang timbul akibat terpapar PAH, diantaranya adalah dosis, waktu, jalur masuk PAH (pernafasan, pencernaan, atau kontak langsung dengan kulit), paparan bahan kimia lainnya, dan beberapa sifat individu seperti umur, jenis kelamin, dan keturunan (Janbandhu, 2011). Efek terhadap organisme selalu menjadi bahan pertimbangan sebagai indikator peringatan dini dari dampak yang potensi terhadap kesehatan manusia. Di Indonesia smpat saat ini belum ada standar lingkungan untuk PAH (Edward, 2015). Oleh karena itu, efek toksikologi dari senyawa PAH ini secara kasar dievaluasi dengan menggunakan petunjuk yang dibuat oleh Environment Canada and Ministere du Development durable, del'Environment et des Parcs de Quebec (2007), kadar ambang batas dari *phenanthrene* pada perairan air tawar dan perairan air laut adalah sebesar 0,042 ppm dan 0,087 ppm. Sedangkan, kadar

ambang batas dari *phenanthrene* yang masih diwajibkan pada perairan air tawar dan perairan air laut adalah maksimum sebesar 0,520 ppm dan 0,540 ppm.

## **E. Adsorpsi**

### **1. Pengertian adsorpsi**

Adsorpsi secara umum didefinisikan sebagai akumulasi sejumlah molekul, ion atau atom yang terjadi pada batas antara dua fasa (Alberty dan Daniel, 1987).

Fenomena permukaan ini terjadi karena gaya-gaya yang tidak seimbang pada batas antara dua fasa yang menyebabkan perubahan konsentrasi molekul, ion atau atom pada antar fasa tersebut. Proses ini dapat terjadi sebagai proses fisika yang melibatkan gaya Van der Waals dan ikatan hidrogen yang selanjutnya dikenal sebagai adsorpsi fisik (fisorpsi), maupun proses yang melibatkan pembentukan senyawa kimia yang dikenal dengan adsorpsi kimia (kimisorpsi) (Oscik, 1982).

Adsorpsi adalah penyerapan suatu zat pada permukaan zat lain. Fenomena ini melibatkan interaksi fisik, kimia, dan gaya elektrostatik antara adsorbat dengan adsorben pada permukaan adsorben. Ada dua macam adsorpsi, yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia. Dalam adsorpsi fisika, molekul-molekul teradsorpsi pada permukaan dengan ikatan yang lemah (bersifat *reversible*, dengan cara menurunkan tekanan gas atau konsentrasi zat terlarut). Sedangkan adsorpsi kimia melibatkan ikatan koordinasi sebagai hasil penggunaan elektron bersama-sama adsorben dan adsorbat (Sukardjo, 1990). Adsorben adalah zat yang mengadsorpsi zat lain yang memiliki ukuran partikel seragam, kepolarannya sama dengan zat

yang akan diserap dan mempunyai berat molekul besar. Adsorbat adalah zat yang teradsorpsi zat lain. Faktor-faktor yang mempengaruhi kapasitas adsorpsi antara lain, luas permukaan adsorben, ukuran pori adsorben, kelarutan zat terlarut, pH, dan temperatur (Castellan,1982).

Bila gas atau uap bersentuhan dengan permukaan padatan yang bersih, maka gas atau uap tadi akan teradsorpsi pada permukaan padatan tersebut. Permukaan padatan disebut sebagai adsorben, sedangkan gas atau uap disebut sebagai adsorbat. Semua padatan dapat menyerap gas atau uap pada permukaan. Banyak gas yang teradsorpsi yang bergantung pada suhu dan tekanan gas serta luas permukaan padatan. Padatan yang paling efisien adalah padatan yang sangat *porous* seperti arang dan butiran padatan yang sangat halus (Bird, 1993).

Proses adsorpsi dapat terjadi karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan padatan yang tidak seimbang. Adanya gaya ini, padatan cenderung menarik molekul-molekul lain yang bersentuhan dengan permukaan padatan, baik fasa gas atau fasa larutan kedalam permukaannya. Akibatnya konsentrasi molekul pada permukaan menjadi lebih besar daripada fasa gas zat terlarut dalam larutan. Pada adsorpsi interaksi antara adsorben dengan adsorbat hanya terjadi pada permukaan adsorben (Tandy dkk, 2012).

## 2. Mekanisme adsorpsi

Proses adsorpsi dapat digambarkan sebagai proses dimana molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben akibat kimia dan fisika (Reynolds,1982).

Mekanisme pada proses adsorpsi terbagi menjadi 4 tahap yaitu :

1. Transfer molekul-molekul zat terlarut yang teradsorpsi menuju lapisan film yang mengelilingi adsorben.
2. Difusi zat terlarut yang teradsorpsi melalui lapisan film (*film diffusion process*).
3. Difusi zat terlarut yang teradsorpsi melalui kapiler/pori dalam adsorben (*pore diffusion process*).
4. Adsorpsi zat terlarut yang teradsorpsi pada dinding pori atau permukaan adsorben (proses adsorpsi sebenarnya) (Reynolds, 1982).

Operasi dari proses adsorpsi dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu:

1. Proses adsorpsi dilakukan dalam suatu bak dengan sistem pengadukan, dimana penyerap yang biasanya berbentuk serbuk dibubuhkan, dicampur, dan diaduk dengan air dalam suatu bangunan sehingga terjadi penolakan antara partikel penyerap dengan fluida.
2. Proses adsorpsi yang dijalankan dalam suatu bejana dengan sistem filtrasi, dimana bejana yang berisi media penyerap dialirkan air dengan model pengaliran gravitasi. Jenis media penyerap sering digunakan dalam bentuk

bongkahan atau butiran/granular dan proses adsorpsi biasanya terjadi selama air berada di dalam media penyerap (Reynolds, 1982).

### **3. Jenis-jenis adsorpsi**

Berdasarkan interaksi molekular antara permukaan adsorben dengan adsorbat, adsorpsi dibagi menjadi 2 jenis, yaitu:

#### **a. Adsorpsi fisika**

Adsorpsi Fisika terjadi karena adanya gaya Van der Waals. Pada adsorpsi fisika, gaya tarik menarik antara molekul fluida dengan molekul pada permukaan padatan (intermolekuler) lebih kecil dari pada gaya tarik menarik antar molekul fluida tersebut sehingga gaya tarik menarik antara adsorbat dengan permukaan adsorben relatif lemah pada adsorpsi fisika, adsorbat tidak terikat kuat dengan permukaan adsorben sehingga adsorbat dapat bergerak dari suatu bagian permukaan ke permukaan lainnya dan pada permukaan yang ditinggalkan oleh adsorbat tersebut dapat digantikan oleh adsorbat lainnya. Keseimbangan antara permukaan padatan dengan molekul fluida biasanya cepat tercapai dan bersifat reversibel. Adsorpsi fisika memiliki kegunaan dalam hal penentuan luas permukaan dan ukuran pori.

#### **b. Adsorpsi kimia**

Adsorpsi kimia terjadi karena adanya ikatan kimia yang terbentuk antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Ikatan kimia dapat berupa ikatan kovalen/ion. Ikatan yang terbentuk kuat sehingga spesi aslinya tidak dapat

ditentukan. Karena kuatnya ikatan kimia yang terbentuk maka adsorbat tidak mudah terdesorpsi. Adsorpsi kimia diawali dengan adsorpsi fisik dimana adsorbat mendekat ke permukaan adsorben melalui gaya Van der Waals/ikatan Hidrogen kemudian melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia yang biasa disebut ikatan kovalen (Shofa, 2012).

#### **4. Faktor-faktor yang mempengaruhi daya adsorpsi**

Adapun faktor- faktor yang mempengaruhi daya adsorpsi yaitu:

a. Jenis adsorbat

-Ukuran molekul adsorbat

Ukuran molekul adsorbat yang sesuai merupakan hal yang penting agar proses adsorpsi dapat terjadi, karena molekul-molekul yang dapat diadsorpsi adalah molekul-molekul yang diameternya lebih kecil atau sama dengan diameter pori adsorben.

-Kepolaran zat

Adsorpsi lebih kuat terjadi pada molekul yang lebih polar dibandingkan dengan molekul yang kurang polar pada kondisi diameter yang sama. Molekul-molekul yang lebih polar dapat menggantikan molekul-molekul yang kurang polar yang telah lebih dahulu teradsorpsi. Pada kondisi dengan diameter yang sama, maka molekul polar lebih dahulu diadsorpsi.

#### b. Suhu

Pada saat molekul-molekul adsorbat menempel pada permukaan adsorben terjadi pembebasan sejumlah energi sehingga adsorpsi digolongkan bersifat eksoterm. Bila suhu rendah, maka kemampuan adsorpsi meningkat sehingga adsorbat bertambah.

#### c. Tekanan adsorbat

Pada adsorpsi fisika bila tekanan adsorbat meningkat jumlah molekul adsorbat akan bertambah. Namun, pada adsorpsi kimia jumlah molekul adsorbat akan berkurang bila tekanan adsorbat meningkat.

#### d. Karakteristik adsorben

Ukuran pori dan luas permukaan adsorben merupakan karakteristik penting adsorben. Ukuran pori berhubungan dengan luas permukaan. Semakin kecil ukuran pori adsorben maka luas permukaan semakin tinggi. Sehingga jumlah molekul yang teradsorpsi akan bertambah. Selain itu, kemurnian adsorben juga merupakan karakterisasi yang utama dimana pada fungsinya adsorben yang lebih murni yang lebih diinginkan karena kemampuan adsorpsi yang baik (Lestari, 2009).

### **5. Adsorben dan kriteria adsorben yang baik**

Adsorben merupakan zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu pada suatu fase fluida. Kebanyakan adsorben adalah bahan-bahan yang sangat berpori dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding pori-pori atau pada letak-letak

tertentu di dalam partikel itu. Oleh karena pori-pori biasanya sangat kecil maka luas permukaan dibagi menjadi beberapa orde besaran yang lebih besar daripada permukaan luar dan bisa mencapai 2000 m<sup>2</sup>/g. Pemisahan terjadi karena perbedaan bobot molekul atau karena perbedaan polaritas yang menyebabkan sebagian molekul melekat pada permukaan tersebut lebih erat daripada molekul lainnya. Adsorben yang digunakan secara komersial dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu kelompok polar dan non polar, berikut adalah definisinya :

-Adsorben polar disebut juga *hydrophilic*. Jenis adsorben yang termasuk ke dalam kelompok ini adalah silika gel, alumina aktif, dan zeolit.

-Adsorben non polar disebut juga *hydrophobic*. Jenis adsorben yang termasuk ke dalam kelompok ini adalah polimer adsorben dan karbon aktif.

Adsorben yang baik memiliki beragam persyaratan seperti :

-Memiliki daya melarutkan bahan yang besar

-Selektif

-Memiliki tekanan uap yang rendah

-Sedapat mungkin tidak korosif

-Mempunyai viskositas yang relatif rendah

-Stabil secara termis

-Harga terjangkau

(Sismibeltris, 2013).

## 6. Kinetika adsorpsi

Kinetika adsorpsi menyatakan adanya proses penyerapan suatu zat oleh adsorben dalam fungsi waktu. Adsorpsi terjadi pada permukaan zat padat karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat. Molekul-molekul pada permukaan zat padat atau zat cair, mempunyai gaya tarik ke arah dalam, karena tidak ada gaya-gaya lain yang mengimbangi. Adanya gaya-gaya ini menyebabkan zat padat dan zat cair, mempunyai gaya adsorpsi. Adsorpsi berbeda dengan absorpsi. Pada absorpsi zat yang diserap masuk ke dalam adsorben sedangkan pada adsorpsi zat yang diserap hanya terdapat pada permukaannya (Sukardjo, 1990).

Model kinetika adsorpsi terdiri dari 3 jenis, yaitu:

### a. Isoterm adsorpsi Langmuir

Model kinetika adsorpsi Langmuir ini berdasarkan pada asumsi sebagai berikut : laju adsorpsi akan bergantung pada faktor ukuran dan struktur molekul adsorbat, sifat pelarut dan porositas adsorben, situs pada permukaan yang homogen, dan adsorpsi terjadi secara monolayer (Liang dkk, 2017). Proses adsorpsi homogen memiliki dua tahap, yaitu: (a) perpindahan adsorbat dari fasa larutan ke permukaan adsorben dan (b) adsorpsi pada permukaan adsorben. Tahap pertama akan bergantung pada sifat pelarut dan adsorbat yang terkontrol.

Persamaan isoterm adsorpsi Langmuir tersebut dapat ditulis dalam bentuk persamaan linier:

$$\frac{C}{m} = \frac{1}{bK} + \frac{C}{b} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana  $C$  adalah konsentrasi kesetimbangan,  $m$  adalah jumlah zat yang teradsorpsi per gram adsorben,  $b$  adalah kapasitas adsorpsi, dan  $K$  adalah tetapan kesetimbangan adsorpsi. Dari kurva linier hubungan antara  $C/m$  versus  $C$  maka dapat ditentukan nilai  $b$  dari kemiringan (slop), dan  $K$  dari intersep kurva. Energi adsorpsi ( $E_{ads}$ ) yang didefinisikan sebagai energi yang dihasilkan apabila satu mol ion logam teradsorpsi dalam adsorben dan nilainya ekuivalen dengan nilai negatif dari perubahan energi Gibbs standar,  $\Delta G^0$  dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$E = -\Delta G^0_{ads} = RT \ln K \dots \dots \dots (2)$$

Dengan  $R$  adalah tetapan gas umum (8,314 J/mol K),  $T$  adalah temperatur (K), dan  $K$  adalah konstanta kesetimbangan yang diperoleh dari persamaan Langmuir, sehingga energi total adsorpsi  $E$  harganya sama dengan negatif energi bebas Gibbs (Oscik, 1982).

#### b. Isoterm adsorpsi Freundlich

Model isoterm Freundlich menjelaskan bahwa proses adsorpsi pada bagian permukaan adalah heterogen dimana tidak semua permukaan adsorben mempunyai daya adsorpsi. Model isoterm Freundlich menunjukkan lapisan adsorbat yang terbentuk pada permukaan adsorben adalah *multilayer*. Hal tersebut berkaitan dengan ciri-ciri dari adsorpsi secara fisika dimana adsorpsi dapat terjadi pada banyak lapisan (*multilayer*) (Husin dan Rosnelly, 2005). Menurut (Buhani dan Suharso, 2016), bentuk persamaan Freundlich adalah sebagai berikut:

$$\log q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e \dots \dots \dots (3)$$

Dimana  $q_e$  adalah jumlah adsorbat yang terserap tiap satuan berat adsorben (mg/g),  $C_e$  adalah konsentrasi setimbang adsorbat dalam fase larutan (mg/L),  $K_f$ , dan  $n$  adalah konstanta empiris yang tergantung pada sifat padatan, adsorben, dan suhu (Soeprijanto dkk, 2005). Penentuan konstanta  $K_f$  dapat dilakukan dengan linierisasi persamaan :

$$\log(q_e) = \log(K_f) + \ln \log (C_e) \dots \dots \dots (4)$$

$K_f$  dan  $n$  dapat dicari dengan membuat kurva  $\ln (q_e)$  berbanding  $\ln (C_e)$ .  $K_f$  diperoleh dari titik potong dengan sumbu tegak dan  $n$  dari tangen arah garis lurus yang terbentuk. Koefisien  $K_f$  sering dikaitkan dengan kapasitas adsorpsi adsorben sehingga mencerminkan jumlah rongga dalam adsorben tersebut (Singh dan Alloway, 2006).

#### c. Kinetika pseudo orde 1 dan orde 2

Analisa kinetika didasarkan pada kinetika reaksi terutama pseudo orde pertama atau mekanisme pseudo pertama bertingkat. Untuk meneliti mekanisme adsorpsi, konstanta kecepatan reaksi sorpsi kimia untuk ion-ion logam, digunakan persamaan sistem pseudo orde pertama oleh Lagergren dan mekanisme pseudo orde kedua (Buhani dkk, 2010).

Persamaan liniernya seperti terlihat di bawah ini :

$$q_t = q_e (1 - e^{-k_1 t}) \dots \dots \dots (5)$$

$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_1}{2,303} t \dots \dots \dots (6)$$

$$q_t = q_e^2 k_2 t \frac{q_e^2 k_2 t}{1 + q_e^2 k_2} \dots \dots \dots (7)$$

$$tqt = \frac{1}{qe^2k_2t} + \frac{t}{qe} \dots \dots \dots (8)$$

Dengan  $q_e$  adalah jumlah ion logam divalen yang teradsorpsi (mg/g) pada waktu keseimbangan,  $q_t$  adalah jumlah ion logam divalen yang teradsorpsi pada waktu  $t$  (menit),  $k_1$  dan  $k_2$  adalah konstanta kecepatan adsorpsi orde 1, dan orde 2 (menit<sup>-1</sup>).

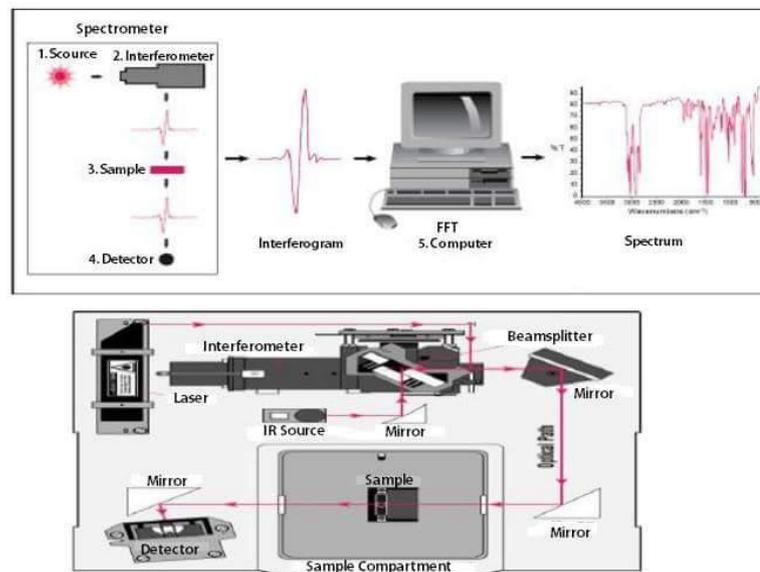
## F. Karakterisasi

### 1. Spektroskopi inframerah transformasi fourier (FTIR)

Spektroskopi inframerah transformasi fourier merupakan metode yang digunakan untuk mengamati interaksi-interaksi molekul dengan radiasi elektromagnetik. Prinsip dasar spektroskopi inframerah yaitu interaksi antara vibrasi atom-atom yang berikatan/gugus fungsi dalam molekul dengan mengabsorpsi radiasi gelombang elektromagnetik inframerah. Absorpsi terhadap radiasi inframerah dapat menyebabkan eksitasi energi vibrasi molekul ke tingkat energi vibrasi yang lebih tinggi. Untuk dapat mengabsorpsi, molekul harus mempunyai perubahan momen dipol sebagai akibat dari vibrasi. Daerah radiasi spektroskopi inframerah berkisar pada bilangan gelombang 12800-10 cm<sup>-1</sup>. Umumnya daerah radiasi inframerah terbagi dalam daerah inframerah dekat (12800-4000 cm<sup>-1</sup>), daerah inframerah tengah (4000-200 cm<sup>-1</sup>), dan daerah inframerah jauh (200-10 cm<sup>-1</sup>). Daerah yang paling banyak digunakan untuk berbagai keperluan adalah 4000-6900 cm<sup>-1</sup>, daerah ini biasa disebut sebagai daerah inframerah tengah (Khopkar, 2008).

-Cara kerja spektroskopi Inframerah Transformasi Fourier (FTIR)

1. *The source*: energi *Infra Red* yang dipancarkan dari sebuah benda hitam menyala. Balok ini melewati melalui logam yang mengontrol jumlah energi yang diberikan kepada sampel.
2. Interferometer: sinar memasuki interferometer "*spectra encoding*" mengambil tempat, kemudian sinyal yang dihasilkan keluar dari interferogram.
3. Sampel: sinar memasuki kompartemen sampel dimana diteruskan melalui cermin dari permukaan sampel yang tergantung pada jenis analisis.
4. Detektor: sinar akhirnya lolos ke detektor untuk pengukuran akhir. Detektor ini digunakan khusus dirancang untuk mengukur sinar interferogram khusus. Detektor yang digunakan dalam spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red* adalah *Tetra Glycerine Sulphate* (TGS) atau *Mercury Cadmium Telluride* (MCT). Detektor MCT lebih banyak digunakan karena memiliki beberapa kelebihan dibandingkan detektor TGS, yaitu memberikan respon yang lebih baik pada frekuensi modulasi tinggi, lebih sensitif, lebih cepat, tidak dipengaruhi oleh temperatur, dan sangat selektif terhadap energi vibrasi yang diterima dari radiasi inframerah.
5. *Computer*: sinyal diukur secara digital dan dikirim ke komputer untuk diolah oleh *Fourier Transformation* berada. Spektrum disajikan untuk interpretasi lebih lanjut (Giwangkara, 2006). Skema alat spektroskopi FTIR dan instrument spektroskopi FTIR dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Skema alat FTIR (Abdillah, 2012).

## 2. Spektroskopi UV-VIS

Spektrofotometri UV-Vis adalah pengukuran panjang gelombang, intensitas sinar ultraviolet, dan cahaya tampak yang diabsorpsi oleh sampel. Sinar ultraviolet dan cahaya tampak memiliki energi yang cukup untuk mempromosikan elektron pada kulit terluar ke tingkat energi yang lebih tinggi. Spektroskopi UV-Vis biasanya digunakan untuk molekul dan ion anorganik atau kompleks di dalam larutan. Spektrum UV-Vis mempunyai bentuk yang lebar dan hanya sedikit informasi tentang struktur yang bisa didapatkan dari spektrum ini sangat berguna untuk pengukuran secara kuantitatif. Sinar ultraviolet berada pada panjang gelombang 200-400 nm, sedangkan sinar tampak berada pada panjang gelombang 400-800 nm. Kebanyakan penerapan spektrofotometri UV-Vis pada senyawa organik didasarkan  $n-\pi^*$  ataupun  $\pi-\pi^*$  karena spektrofotometri UV-Vis memerlukan hadirnya gugus kromofor dalam molekul itu. Transisi ini terjadi dalam daerah

spektrum (200-700 nm) yang nyaman untuk digunakan dalam eksperimen.

Spektrofotometer UV-Vis yang komersial biasanya beroperasi dari sekitar 175 nm atau 200-1000 nm. Identifikasi kualitatif senyawa organik dalam daerah ini jauh lebih terbatas daripada dalam daerah inframerah. Ini karena pita serapan terlalu lebar dan kurang terinci. Tetapi, gugus-gugus fungsional tertentu seperti karbonil, nitro, sistem tergabung, benar-benar menunjukkan puncak yang karakteristik, dan sering dapat diperoleh informasi yang berguna mengenai ada tidaknya gugus semacam itu dalam molekul tersebut (Day dan Underwood, 1986).

Prinsip kerja spektrofotometer berdasarkan hukum Lambert Beer, yaitu bila cahaya monokromatik ( $I_0$ ) melalui suatu media (larutan), maka sebagian cahaya tersebut diserap ( $I_a$ ), sebagian dipantulkan ( $I_r$ ), dan sebagian lagi dipancarkan ( $I_t$ ) (Seran, 2012).

-Bagian-bagian dan cara kerja spektroskopi UV-VIS

Fungsi masing-masing bagian:

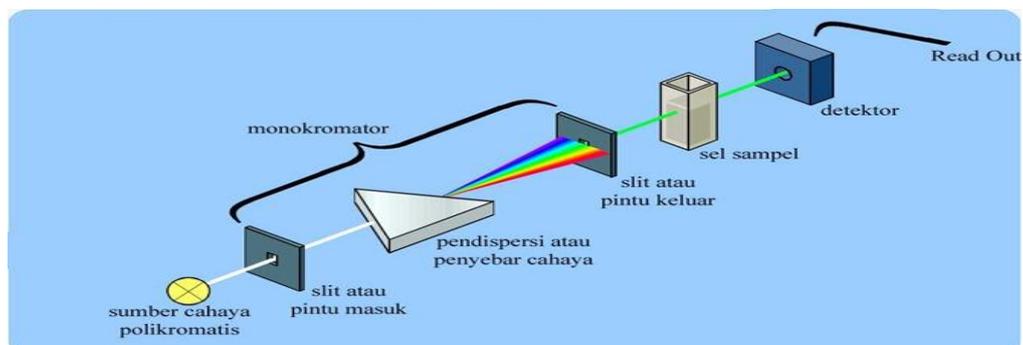
1. Sumber sinar polikromatis berfungsi sebagai sumber sinar polikromatis dengan berbagai macam rentang panjang gelombang. Untuk spektrofotometer UV menggunakan lampu deuterium atau disebut juga *heavy* hidrogen, spektrofotometer VIS menggunakan lampu tungsten yang sering disebut lampu wolfram, spektrofotometer UV-VIS menggunakan *photodiode* yang telah dilengkapi monokromator.
2. Monokromator berfungsi sebagai penyeleksi panjang gelombang yaitu mengubah cahaya yang berasal dari sumber sinar polikromatis menjadi cahaya

monokromatis. Jenis monokromator yang saat ini banyak digunakan adalah *grating* atau lensa prisma dan filter optik.

3. Sel sampel berfungsi sebagai tempat meletakkan sampel UV, VIS, dan UV-VIS menggunakan kuvet sebagai tempat sampel. Kuvet biasanya terbuat dari kuarsa atau gelas, kuvet biasanya berbentuk persegi panjang dengan lebar 1 cm.
4. Detektor berfungsi menangkap cahaya yang diteruskan dari sampel, dan mengubahnya menjadi arus listrik.
5. *Read out* merupakan suatu sistem baca yang menangkap besarnya isyarat listrik yang berasal dari detektor

Cara kerja alat spektrofotometer UV-Vis yaitu sinar dari sumber radiasi diteruskan menuju monokromator. Cahaya dari monokromator diarahkan terpisah melalui sampel dengan sebuah cermin berotasi. Detektor menerima cahaya dari sampel secara bergantian secara berulang-ulang. Sinyal listrik dari detektor diproses, diubah ke digital dan dilihat hasilnya, selanjutnya perhitungan dilakukan dengan komputer yang sudah terprogram (Harjadi, 1993).

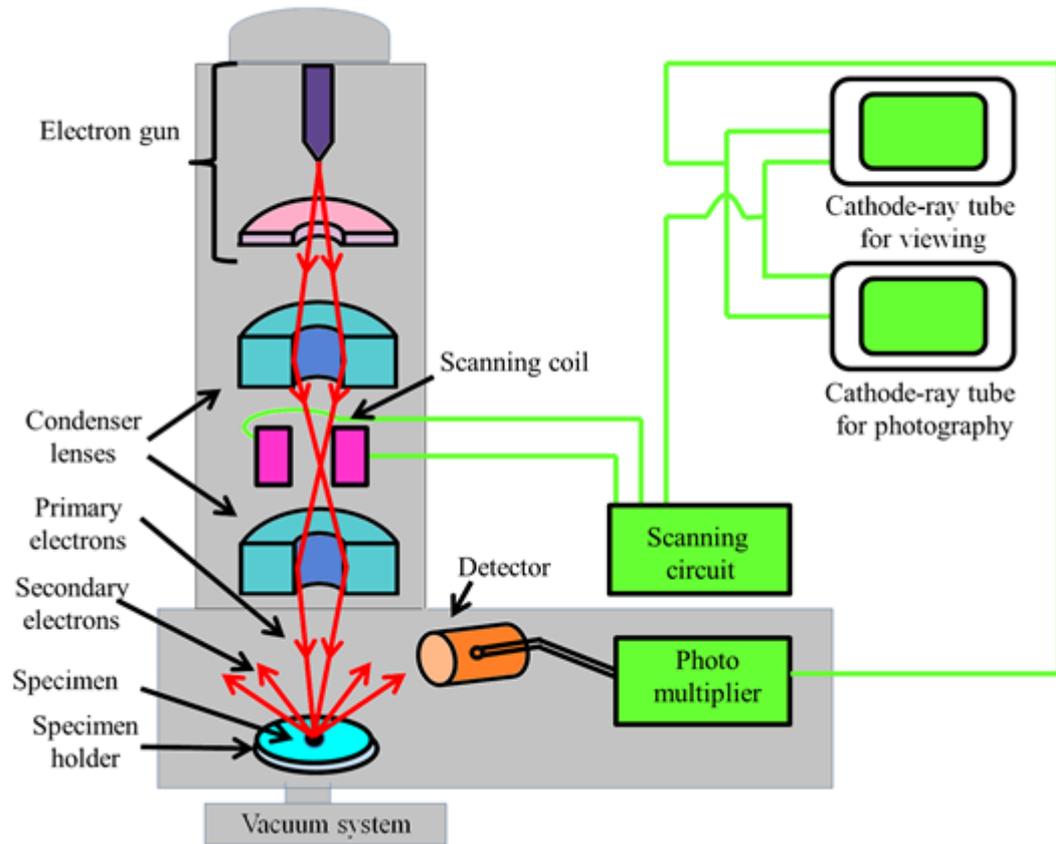
Skema alat spektroskopi UV-VIS dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Skema alat spektroskopi UV-VIS (Seran, 2012).

### **3 SEM-EDX (*Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray*)**

*Scanning Electron Microscope* (SEM) adalah sebuah mikroskop elektron yang didesain untuk mengamati permukaan objek solid secara langsung. SEM memiliki perbesaran 10-3.000.000 kali, kedalaman medan (*depth of field*) 4–0.4 mm, dan resolusi sebesar 1–10 nm. SEM memiliki prinsip memfokuskan sinar elektron (*electron beam*) di permukaan obyek dan mengambil gambarnya dengan cara mendeteksi elektron yang muncul dari permukaan obyek (Oktavia, 2011). Energi-dispersif spektroskopi sinar-X (EDS atau EDX) adalah sebuah teknik analisis yang digunakan untuk elemen analisis atau karakterisasi kimia sampel. Ini adalah salah satu varian dari fluoresensi sinar-X spektroskopi yang bergantung pada penyelidikan sampel melalui interaksi antara radiasi elektromagnetik dan materi, menganalisis sinar-X yang dipancarkan oleh materi dalam menanggapi pukulan dengan partikel bermuatan (Oktaviana, 2009). Diagram kerja SEM dan instrumen SEM-EDX dapat dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Diagram kerja SEM (National Programme On Technology Enhanced Learning, 2017).

### **III. METODOLOGI PENELITIAN**

#### **A. Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan selama empat bulan (Mei-Agustus 2017) di Unit Pelayanan Teknis Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi (UPT-LTSIT) Universitas Lampung. Karakterisasi adsorben menggunakan SEM-EDX (*Scanning Electron Microscope Energy Dispersive X-Ray*) dan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*), serta analisis adsorpsi menggunakan spektrofotometer UV-VIS (*Ultra Violet-Visible*) yang dilakukan di Unit Pelayanan Teknis Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi (UPT-LTSIT) Universitas Lampung.

#### **B. Alat dan Bahan**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah peralatan gelas, neraca analitik, oven, *heating mantle*, tabung *eppendorf* 50 ml, *centrifuge*, pengayak, cawan porselen, tungku pemanas (*furnace*), *hot plate magnetic stirrer*, kertas saring biasa, SEM-EDX (*Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray*), dan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*). Sedangkan bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah sekam padi, NaOH, DPA

(*Diphenylamine*), etanol 96%, larutan standar *phenanthrene*,  $\text{HNO}_3$  69%,  $\text{HCl}$  1N (37%, analysis grade), metanol pro analisis (p.a), dan akuades.

## C. Prosedur Penelitian

### 1. Ekstraksi silika

1 ember sekam padi dicuci dengan air panas hingga kotorannya hilang, kemudian direndam dalam air suling selama semalam dan dicuci dengan menggunakan air panas lagi keesokan paginya, untuk menghilangkan tanah dan kotoran. Sekam padi yang sudah bersih dikeringkan dalam oven selama semalam pada suhu  $90^\circ\text{C}$ . Sekam padi yang sudah dikeringkan kemudian dimasukkan ke dalam gelas kimia 1000 ml serta ditambah dengan larutan  $\text{HCl}$  1N selama 1 jam, dipanaskan pada *heating mantle* dengan suhu  $75^\circ\text{C}$ , untuk menghilangkan kotoran. Suspensinya lalu disaring dan residu padatnya dicuci beberapa kali dengan akuades untuk menghilangkan ion-ion logam sepenuhnya. Sekam padi kemudian dikeringkan lagi selama semalam pada oven dengan suhu  $90^\circ\text{C}$ , diambil sebanyak 40 gram sekam padi yang sudah dikeringkan dan dilarutkan dalam 600 ml  $\text{NaOH}$  25 % dalam gelas kimia 1000 ml yang kemudian dipanaskan selama 1 jam dalam *magnetic stirrer hot plate* pada suhu  $90^\circ\text{C}$  untuk mengekstrak silika dari sekam padi. Hasilnya, diperoleh larutan natrium silikat setelah dilakukan penyaringan dengan menggunakan kertas saring.

## 2. Presipitasi silika

100 ml larutan natrium silikat diambil dari erlenmeyer dan kemudian dimasukkan ke dalam gelas beaker dan dicampurkan dengan etanol 96% sebanyak 20 ml dalam *magnetic stirrer hot plate*. Asam nitrat diteteskan secara perlahan hingga terbentuk endapan pada larutan natrium silikatnya serta diukur nilai pH nya. Endapan kemudian disentrifuse selama 5 menit pada kecepatan 4000 rpm. Pellet yang diperoleh kemudian dicuci dengan air suling dan disentrifuse lagi. Tahap ini dilakukan secara berulang kali hingga didapatkan pellet berwarna putih-keputihan. Pelletnya diletakkan pada cawan porselen dan dipanaskan selama 30 menit dalam *furnace* pada suhu 600°C, serta dilakukan proses *grinding* untuk lebih memperhalus permukaan silika.

## 3. Karakterisasi silika

Silika yang telah diperoleh kemudian dikarakterisasi dengan menggunakan SEM-EDX (*Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray*) untuk mengetahui morfologi dan komposisi penyusun silikanya.

## 4. Preparasi larutan standar *phenanthrene*

Pertama, dibuat larutan induk *phenanthrene* 25 ppm dilakukan dengan cara melarutkan padatan *phenanthrene* sebanyak 12,5 mg ke dalam 250 ml methanol p.a serta ditambahkan 250 ml aquabides (metanol:aquabides = 1:1) sampai tanda terra dalam labu ukur 500 ml, sambil dikocok hingga homogen. Dilakukan

pengenceran dari larutan 25 ppm tadi menjadi larutan standar *phenanthrene* 10 ppm , serta diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-VIS.

## 5. Penyiapan adsorben

0,08 gram *diphenylamine* sebagai gugus fungsional untuk silika dilarutkan dengan 40 ml aseton kemudian ditambahkan dengan 1 gram nanosilika yang berfungsi sebagai adsorben, yang diperoleh dari perbandingan mol *diphenylamine* dan nanosilika (1:34) (Sasithorn dkk, 2010). Campuran kemudian diagitasi dengan menggunakan stirrer pada kecepatan 250 rpm selama 24 jam. Setelah diagitasi, dicuci dengan air suling dan kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60°C selama 24 jam.

## 6. Karakterisasi adsorben

Nanosilika dan adsorben Si-DPA nya dikarakterisasi menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) untuk mengetahui gugus fungsi apa saja yang terdapat pada silika serta untuk menguji apakah terdapat *diphenylamine* (DPA) pada permukaan adsorben Si-DPA.

## 7. Pengujian adsorpsi

Adapun uji adsorpsi dilakukan dengan sistem *Batch* dengan menguji beberapa parameter sebagai berikut :

#### **a. Pengaruh penambahan massa adsorben**

Uji adsorpsi menggunakan perbandingan penambahan jumlah adsorben dengan rentang 1-5 miligram (1, 2, 3, 4, dan 5 mg) pada 20 ml larutan *phenanthrene* 10 ppm dan dilakukan pengadukan menggunakan shaker dengan kecepatan 150 rpm selama 60 menit pada suhu kamar. Campuran disentrifugasi dengan kecepatan 2000 rpm selama 10 menit dan filtratnya dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-VIS untuk mengetahui konsentrasi larutan standar *phenantrene* sesudah proses adsorpsi.

#### **b. Pengaruh pH**

Uji adsorpsi dilakukan pada rentang pH 3-9. Massa adsorben optimum yang diperoleh dicampurkan pada 20 ml larutan *phenanthrene* 10 ppm dan dilakukan pengadukan menggunakan *shaker* dengan kecepatan 150 rpm selama 60 menit pada suhu kamar. Variasi pH 3, 4, 5, 6, 8, dan 9 dilakukan dengan cara menambahkan larutan buffer masing-masing pH ke dalam larutan *phenanthrene* hingga diperoleh pH larutan yang diinginkan. Disentrifugasi dengan kecepatan 2000 rpm selama 10 menit dan filtratnya dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-VIS untuk mengetahui konsentrasi larutan standar *phenantrene* sesudah proses adsorpsi.

#### **c. Pengaruh waktu kontak (laju adsorpsi)**

Uji adsorpsi dilakukan pada rentang waktu pengadukan 30-150 menit. Massa adsorben optimum yang diperoleh dicampurkan pada 20 ml larutan *phenanthrene*

10 ppm pada pH optimum dan dilakukan pengadukan dengan kecepatan 150 rpm pada variasi waktu 30, 60, 90, 120, dan 150 menit. Disentrifugasi dengan kecepatan 2000 rpm selama 10 menit dan filtratnya dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-VIS untuk mengetahui konsentrasi larutan standar *phenantrene* sesudah proses adsorpsi.

**d. Pengaruh konsentrasi larutan standar *phenanthrene***

Uji adsorpsi dilakukan dengan menambahkan kadar adsorben optimum pada 20 ml larutan standar *phenanthrene* 1 ppm, 5 ppm, 10 ppm, dan 15 ppm pada pH optimum dan waktu optimum. Disentrifugasi dengan kecepatan 2000 rpm selama 10 menit dan filtrat dari masing-masing larutan standar dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-VIS untuk mengetahui konsentrasi larutan standar *phenantrene* sesudah proses adsorpsi.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Silika yang diekstraksi dari sekam padi belum mencapai ukuran nanosilika setelah dilakukan karakterisasi menggunakan SEM-EDX.
2. Sintesis adsorben Si-DPA telah berhasil dilakukan, berdasarkan hasil karakterisasi SEM-EDX dan FTIR.
3. Adsorpsi *phenanthrene* oleh Si-DPA optimum pada massa adsorben 4 mg, pH 3, waktu kontak 90 menit, dan konsentrasi larutan standar *phenanthrene* 15,88 ppm.
4. Adsorpsi *phenanthrene* pada penelitian belum optimal, karena hanya mampu mencapai 62,01 % pada larutan standar *phenanthrene* 15,88 ppm.
5. Laju adsorpsi *phenanthrene* oleh Si-DPA cenderung mengikuti model kinetika pseudo orde dua dengan nilai konstanta laju  $6,78 \times 10^{-5} \text{ g mmol}^{-1} \text{ menit}^{-1}$  dan nilai  $R^2$  sebesar 0,938.

6. Isoterm adsorpsi *phenanthrene* oleh Si-DPA pada penelitian ini cenderung mengikuti model isoterm Freundlich dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,845.

## **B. Saran**

Pada penelitian lebih lanjut disarankan:

1. Untuk ekstraksi silika dari sekam padi pada penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan tanpa proses grinding, sehingga morfologi permukaan silikanya menjadi merata dan dapat lebih optimal dalam mengadsorpsi senyawa PAH.
2. Perlu dilakukan pengujian adsorpsi senyawa PAH lainnya terhadap adsorben Si-DPA, sehingga dapat diaplikasikan di lingkungan.
3. Sebaiknya dilakukan modifikasi silika dengan gugus fungsi lain yang dapat lebih optimal dalam mengadsorpsi senyawa PAH.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, N. 2012. *Prinsip Kerja Instrumen Spektroskopi*. <https://nuryadin-abdillah.blogspot.co.id/2012/09/prinsip-kerja-instrumen-spektroskopi.html>. Diakses pada tanggal 23 Februari 2017 pukul 10.47 WIB.
- Agung, F. G., Muhammad, R. H., dan Primata, M. 2013. *Ekstraksi Silika dari Abu Sekam Padi dengan Pelarut KOH*. *Konversi*, Volume 2 No. 1, hal: 28-31.
- Alberty, R. A., dan Daniel, F. 1987. *Physical Chemistry 5, SI Version*. John Wiley and Sons Inc. New York.
- Anggraeni, D. N. 2008. *Analisa SEM (Scanning Electron Microscopy) dalam Pemantauan Proses Oksidasi Magnetite Menjadi Hematite*. Seminar Nasional-VII Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri Kampus ITENAS–Bandung.
- Bakar, A. R., Rosiyah, Y., dan Seng, N. G. 2016. *Production of High Purity Amorphous Silica from Rice Husk*. *Procedia Chemistry* 19, hal: 189-195.
- Barlianti, V. 2009. *Fungsionalisasi Komposit Oksida Besi Pada Silika untuk Proses Penyisihan PAH dalam Air dan Uji Kinerjanya*. Tesis, Teknik Kimia, Universitas Indonesia.
- Bianchi, F., V, Chiesi, F, Casoli, P, Luches, L, Nasi, M, Careri, dan Mangia, A. 2012. *Magnetic Solid-phase Extraction Based on Diphenyl Functionalization of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Magnetic Nanoparticles for the Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Urine Samples*. *Journal of Chromatography A*, 1231, hal: 8-15.
- Bird, T. 1993. *Kimia Fisika untuk Universitas, Cetakan ke-2*. Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Bragmann, C. P., dan Goncalves, M. R. F. 2006. *Thermal Insulators Made With Rice Husk Ashes: Production and Correlation Between Properties and Microstructure*. *Construction and Building Materials* 21, hal: 2059-2065.
- Buhani, Suharso, dan Sumadi. 2010. *Adsorption Kinetics and Isotherm of Cd (II) Ion on Nannochloropsis Biomass Imprinted Ionic Polymer*. *Desalination* 259, hal: 140-146.

- Buhani dan Suharso. 2016. *Modifikasi Silika Sebagai Penyerap Logam Berat*. Innosain. Yogyakarta.
- Carmona, V. B., Oliveira, R. M., Silva, W. T. L., Mattoso, L. H. C., dan Marconcini, J. M. 2012. *Nanosilica from Rice Husk: Extraction and Characterization*. *Industrial Crops and Products* Vol. 43, hal: 291-296.
- Castellan, G. W. 1982. *Physical Chemistry, Edisi ketiga*. Addison-Wesley Publishing Company. Boston.
- Cotton, F. A., dan Wilkinson, G. 1989. *Kimia Anorganik Dasar*. Penerbit Universitas Indonesia (UI Press). Jakarta.
- Dat, D. N., dan Chang, B. M. 2017. *Review on characteristics of PAHs in Atmosphere, Anthropogenic Sources and Control Technologies*. *Science of The Total Environment* 609, hal: 682-693.
- Day, R. A., dan Underwood, A. L. 1986. *Analisis Kimia Kuantitatif, Edisi Kelima*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Drzyzga. 2013. *Diphenylamine and Derivatives in The Environment : a review*. *Chemosphere* Vol. 53, Issue 8, hal: 809-818.
- Edward. 2013. *Kajian Kriteria Kualitas Air Laut Melalui Monitoring Tingkat Pencemaran dan Bioassay Senyawa Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) di Teluk Jakarta*. Laporan Akhir Penelitian Pusat Penelitian Oseanografi LIPI, Jakarta: 167 hal.
- Edward. 2015. *Kandungan dan Sumber Asal Senyawa Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) dalam Sedimen di Perairan Pakis Jaya, Kabupaten Karawang*. *Jurnal Akuatika* Vol. 6, No. 2, hal: 95-106.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius. Yogyakarta.
- Environment Canada and Ministere du Development durable, del'Environment et des Parcs de Quebec. 2007. *Criteria for Assesment of Sediment Quality in Quebec and Application Frame Works: Prevention, Dredging and Remediation*. Canada, 53 hal.
- Fernandez, B. R. 2012. *Sintesis Nanopartikel SiO<sub>2</sub> Menggunakan Metoda Sol-gel dan Aplikasinya Terhadap Aktifitas Sitotoksik Sel*. *Jurnal Nanoteknologi Jurusan Kimia, Program Pascasarjana Universitas Andalas*.
- Giwangkara, S. E. G. 2006. *Aplikasi Logika Syaraf Fuzzy pada Analisis Sidik Jari Minyak Bumi Menggunakan Spektrofotometer Infra Merah-Transformasi Fourier (FT-IR)*. Sekolah Tinggi Energi dan Mineral, Cepu. Jawa Tengah.
- Harjadi, W. 1993. *Ilmu Kimia Analitik Dasar*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

- Harsono, H. 2002. *Pembuatan Silika Amorf dari Limbah Sekam Padi*. Jurnal Ilmu Dasar. Vol. 3, No. 2, hal: 98-103.
- Houston, D. F. 1972. *Rice Chemistry and Technology*. St.Paul, Minnesota, American association of Cereal Chemists Inc. Amerika Serikat.
- Husin, G., dan Rosnelly, C. M. 2005. *Studi Kinetika Adsorpsi Larutan Logam Timbal Menggunakan Karbon Aktif dari Batang Pisang*. Tesis, Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala Darrusalam.
- Iler, R. K. 1979. *Silica Gels and Powders In : The Chemistry of Silica*. John Wiley and Sons. New York.
- Ismunadji, M. 1988. *Morfologi dan Fisiologi Padi*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor.
- Itoh, N., Numata, M., Aoyagi, Y., dan Yarita, T. 2008. *Comparison of Low-Level Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Sediment Revealed by Soxhlet Extraction, Microwave-Assisted Extraction, and Pressurized Liquid Extraction*. Anal Chim Acta 612 (1), hal: 44-52.
- Janbandhu, A. 2011. *Biodegradation of Phenanthrene Using Microbial Consortium from Petrochemical Contaminated Environment*. Journal of Hazardous Material Vol. 187, hal: 333-340.
- Jazza, H. S., Abdul, H. Y., Al-Adhub., dan Hamid, T. A. 2015. *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Muscles of Two Commercial Fish Species from Al-Kahlaa River in Missan Governorate, Iraq*. Ilmu Kelautan Vol. 20 (3), hal: 121-126.
- Kang, K., Oh, H. S., Kim, Y. D., Shim, G., dan Lee, C. S. 2017. *Synthesis of Silica Nanoparticles Using Biomimetic Mineralization with Poly-allylamine Hydrochloride*. Journal of Colloid and Interface Science, Vol. 507, hal: 145-153.
- Khopkar, S. M. 2008. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. UI Press. Jakarta.
- Kumar, A., Mohanta, K., Kumar, D., dan Parkash, O. 2012. *Properties and Industrial Applications of Rice husk: A review*. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering 2, hal: 86-90.
- Laksmo, J. A., dan Ardiyanto, N. 1999. *Pengambilan SiO<sub>2</sub> dari Abu Sekam Padi dengan Proses Leaching*. Laporan Penelitian Jurusan Kimia UNDIP. Semarang.
- Lee, H. J., Kwon, H. J., Lee, W. J., Lee, H., Chang, H. J., dan Sang, B. 2017. *Preparation of High Purity Silica Originated from Rice Husks by Chemically Removing Metallic Impurities*. Journal of Industrial and Engineering Chemistry Vol. 50, hal: 79-85.
- Lestari, F. 2009. *Bahaya Kimia Sampling dan Pengukuran Kontaminan Kimia di Udara*. Penerbit Buku Kedokteran. EGC. Jakarta.

- Liang, L. X., Wei, G., Xiong, J., Tan, F., He, H., Qu, C., Yin, H., Zhu, J., Zhu, R., Qin, Z., dan Zhang, J. 2017. *Adsorption Isotherm, Mechanism, and Geometry of Pb(II) on Magnetites Substituted with Transition Metals*. Chemical Geology, Vol. 470, hal: 132-140.
- Liou, H., dan Yang, C. 2010. *Synthesis and Surface Characteristics of Nanosilica Produced from Alkali-Extracted Rice Husk Ash*. Material Science and Engineering, Vol. 176, Issue 7, hal: 521-529.
- Long, Y., Chen, Y., Yang, F., Chen, C., Pan, D., Cai, Q., dan Shouzo, Y. 2012. *Triphenylamine-Functionalized Magnetic Microparticles as a New Adsorbent Coupled with High Performance Liquid Chromatography for the Analysis of Trace Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Aqueous Samples*. Analyst, Vol. 137, hal: 2716-2722.
- Mor, S., Chhavi K., Manchanda, Kansal, K. S., dan Ravindra, K. 2016. *Nanosilica Extraction from Processed Agricultural Residue Using Green Technology*. Journal of Cleaner Production, Vol. 143, hal: 1284-1290.
- National Programme On Technology Enhanced Learning. 2017. *Scanning Electron Microscope*. [Http://nptel.ac.in/courses/102103044/module3/lec18/1.html](http://nptel.ac.in/courses/102103044/module3/lec18/1.html). Diakses pada tanggal 05 November 2017 pukul 15.30 WIB.
- Noushad, M., Rahman, A. I., Husein, A., Mohamad, D., dan Ismail, R. A. 2012. *A Simple Method of Obtaining Spherical Nanosilica from Rice Husk*. International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology, Vol. 2, No. 2, hal: 28-30.
- Oktaviana, A. 2009. *Teknologi Penginderaan Mikroskopi*. Tugas Makalah, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret.
- Oscik. 1982. *Adsorption*. Ellis Horwood Limited. England.
- Prasad, R., dan Pandey, M. 2012. *Rice Husk Ash as a Renewable Source for The Production of Value Added Silica Gel and its Application : an Overview B*. Chem. Reac. Eng. Catal.7, hal: 114-121.
- Rahman, I. A., dan Padavettan, V. 2012. *Synthesis of Silica Nanoparticles by Sol Gel : Size-Dependent Properties, Surface Modification, And Applications In Silica-Polymer Nanocomposites*. In Review Journal of Nanomaterials, Vol. 2012, hal: 1-15.
- Rahmat, N. M. 2011. *Scanning Electron Microscope (SEM) & Energy Dispersive X-Ray (EDX)*. [Http://teenagers-moslem.blogspot.co.id/2011/01/scanning-electron-microscope-sem-energy.html](http://teenagers-moslem.blogspot.co.id/2011/01/scanning-electron-microscope-sem-energy.html). Diakses pada tanggal 23 September 2017 pukul 11.15 WIB.

- Retnosari, A. 2013. *Ekstraksi Dan Penentuan Kadar Silika (SiO<sub>2</sub>) Hasil Ekstraksi dari Abu Terbang (Fly Ash) Batubara*. Skripsi, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.
- Reynolds, T. D. 1982. *Unit Operations and Process in Enviromental Engineering*. Texas A&M University, Brooks/Cole Engineering Division. California.
- Sasithorn, J., Dawan, W., dan Supin, S. 2010. *Utilization of Fly Ash from Power Plant for Adsorption of Hydrocarbon Contamination in Water*. Journals of Metals, Materials and Minerals, Vol. 20, No. 1, hal: 5-10.
- Schetter, J.E. 1993. *Diphenylamine-solubility*. Document 4293-92-0275-AS-001. Ricerca, Inc. USA. Amerika Serikat.
- Seran, E. 2012. *Pengertian Dasar Spektrofotometer Vis, UV, UV-Vis*. <https://wanibesak.wordpress.com/2011/07/04/pengertian-dasar-spektrofotometer-vis-uv-uv-vis/>. Diakses pada tanggal 23 Februari 2017 pukul 10.44 WIB.
- Shofa. 2012. *Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Baku Ampas Tebu dengan Aktivasi Kalium Hidroksida*, Skripsi, Fakultas Teknik UI.
- Singh, B., dan Alloway, B. J. 2006. *Adsorptive Minerals to Reduce The Availability of Cadmium and Arcenic in Contaminated Soils*. Contaminated Soils: Proceeding of The Seventh International, Vol 1, hal: 1060-1063.
- Sismibeltris. 2013. *Fly Ash Sebagai Adsorben*. <https://sismibeltris.wordpress.com/2013/04/03/fly-ash-sebagai-adsorben/>. Diakses pada tanggal 22 Maret 2017 pukul 15.45 WIB.
- Siswanto, H., Mahendra, M., dan Fausiah. 2012. *Perekayasa Nanosilika Berbahan Baku Silika Lokal Sebagai Filler Kompon Karet Rubber Air Bag Peluncur Kapal Dari Galangan*. Prosiding InSINas 2012, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Jakarta.
- Soeprijanto, E. A., dan Sulistyowati, E. 2005. *Kinetika Biosorpsi Ion Logam Berat Cr(VI) Menggunakan Biomassa Saccharomyces Cerevisiae*. Jurnal teknik kimia Indonesia, Vol. 4 (1), hal: 183-190.
- Soleh, M. 2014. *Ekstrasi Silika dari Sekam Padi dengan Metode Pelarutan dan Pengendapan Silika Serta Analisis EDX Dan FTIR*. Skripsi, Fisika, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- Somaatmadja, D. 1980. *Sekam Gabah sebagai Bahan Industri*. Badan Penelitian dan Pengembangan Industri. Jakarta.
- Sukardjo. 1990. *Kimia Fisika*. Rineka Cipta. Yogyakarta.

- Sulastris, S., dan Kristianingrum, S. 2010. *Berbagai Macam Senyawa Silika : sintesis, karakterisasi, dan pemanfaatan*. Prosiding seminar nasional penelitian. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Svehla, G. 1985. *Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimakro, Edisi Kelima, Bagian I*. Kalman Media Pusaka. Jakarta.
- Tandy, E., Ismail, F., dan Hamidah, H. 2012. *Kemampuan Adsorben Limbah Lateks Karet Alam Terhadap Minyak Pelumas dalam Air*. Jurnal Teknik Kimia USU, Vol 1, No. 2.
- Tian, P., dan Guo, Z. 2017. *Bioinspired Silica-based Superhydrophobic Materials*. Applied Surface Science, Vol. 426, hal: 1-18.
- Trisko, N., Hastiawan, I., dan Eddy, R. D. 2013. *Penentuan Kadar Silika dari Pasir Limbah Pertambangan dan Pemanfaatan Pasir Limbah Sebagai Bahan Pengisi Bata Beton*. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir, hal: 190-196.
- Wahyuningsih, S. 2013. *Senyawa Aromatik dan Belerang*. [Http://hemistryning.blogspot.co.id/2013/11/senyawa-aromatik-dan-belerang.html](http://hemistryning.blogspot.co.id/2013/11/senyawa-aromatik-dan-belerang.html). Diakses pada tanggal 03 Maret 2017 pukul 20.55 WIB.
- Wardhana, W. A. 1995. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Andi Offset. Yogyakarta.
- Wu, X., dan Shao, Y. 2017. *Study of Kinetics Mechanism of PAHs Photodegradation in Solution*. Procedia Earth and Planetary Science, Vol. 17, hal: 348-351.
- Yansya, R. 2013. *Sintesis Adsorben Biomassa Alga Tetraselmis sp dengan Pelapisan Silika Magnetit untuk Adsorpsi Ion Pb(II) dan Cu(II)*. Skripsi, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
- Zakaria, M. P., dan Mahat, A. A. 2006. *Distribution of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAHs) in Sediments in the Langet Estuary*. Coastal Marine Science 30 (1), hal: 387-395.