

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Konsep Teoretis

1. Rumput Gajah

a. Deskripsi Rumput Gajah

Rumput merupakan tanaman semusim dan tahunan yang semuanya bersifat herbaceous (tidak berkayu). Rumput termasuk *monocotyledae*, yaitu mempunyai biji berkeping tunggal. Ada berbagai jenis rumput mampu tumbuh baik di daerah tropis dan merupakan jenis rumput unggul utama pendukung peternakan ruminansia.²¹ Salah satu contohnya adalah rumput gajah.

Rumput gajah merupakan keluarga rumput-rumputan (*graminae*) yang telah dikenal manfaatnya sebagai pakan ternak pemamah biak (ruminansia) yang alamiah di Asia Tenggara.²² Rumput gajah adalah rumput yang produksinya sangat tinggi dan tumbuh dengan baik pada daratan rendah dan tinggi. Rumput gajah adalah tanaman yang dapat tumbuh di daerah marginal. Tanaman ini juga dapat hidup pada tanah kritis dimana tanaman lain relatif tidak dapat tumbuh dengan baik. Produktivitas rumput gajah adalah 40 ton per hektar berat kering pada daerah beriklim subtropis dan 80 ton per hektar pada daerah beriklim tropis.²³

²¹Purbajanti, *Rumput dan Legum* (Yogyakarta: Graha Ilmu, 2013), hlm. 16.

²²N.K. Sari, *Op. Cit.*, hlm. 96.

²³Rahmawati, *Kandungan ADF, NDF, Selulosa, Hemiselulosa, dan Lignin*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Rumput gajah dikenal dengan nama ilmiah: *Pennisetum Purpureum Schumach.* Nama daerahnya: *Elephant grass, napier grass* (Inggris), *Herbe d'elephant, fausse canne a sucre* (Prancis), Rumput Gajah (Indonesia, Malaysia), *Buntot-pusa* (Tagalog, Filipina), *Handalawi* (Bokil), *Lagoli* (Bagobo), *Ya-nepia* (Thailand), *Co' duoi voi* (Vietnam), *Pasto Elefante* (Spanyol). Rumput gajah berasal dari Afrika tropika, kemudian menyebar dan diperkenalkan ke daerah-daerah tropika di dunia. Dikembangkan terus-menerus dengan berbagai silangan sehingga menghasilkan banyak kultivar, terutama di Amerika, Filipina dan India.²⁴

Dalam taksonomi tumbuhan, rumput gajah memiliki klasifikasi sebagai berikut²⁵:

Kingdom	: Plantae (Tumbuhan)
Subkingdom	: Tracheobionta (Tumbuhan berpembuluh)
Super Divisi	: Spermatophyta (Menghasilkan biji)
Divisi	: Magnoliophyta (Tumbuhan berbunga)
Kelas	: Liliopsida (berkeping satu /monokotil)
Sub Kelas	: Commelinidae
Ordo	: Cyperales
Famili	: Poaceae (suku rumput-rumputan)

Silase Pakan Komplit Berbahan Dasar Rumput Gajah (Pennisetum purpureum) dan Beberapa Level Biomassa Murbei (Morus alba), Skripsi, Universitas Hasanuddin, Makassar, 2014, hlm. 4.

²⁴N.K. Sari, *Op. Cit*, hlm 95-96.

²⁵United State Department of Agriculture, *Pennisetum purpureum*. <http://plants.usda.gov/java/profile?symbol=PEPU2> , 2011, diakses pada 27 Februari 2016.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Genus : Pennisetum Rich.

Spesies : *Pennisetum purpureum*



Gambar 2.1. Rumput Gajah²⁶

Rumput gajah secara umum merupakan tanaman tahunan yang berdiri tegak, berakar dalam, dan tinggi dengan rimpang yang pendek. Tinggi batang dapat mencapai 2-4 meter (bahkan mencapai 6-7 meter), dengan diameter batang dapat mencapai lebih dari 3 cm dan terdiri sampai 20 ruas/buku. Tumbuh berbentuk rumpun dengan lebar rumpun hingga 1 meter. Pelepah daun gundul hingga berbulu pendek, helai daun bergaris dengan dasar yang lebar, ujungnya runcing.²⁷

b. Kandungan Rumput Gajah

Menurut Okaraonye dan Ikewuchi, rumput gajah memiliki total karbohidrat, protein kasar dan serat kasar termasuk selulosa

²⁶Rahmawati, *Op. Cit.*, hlm. 5.

²⁷N.K. Sari, *Op. Cit.*, hlm. 96.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

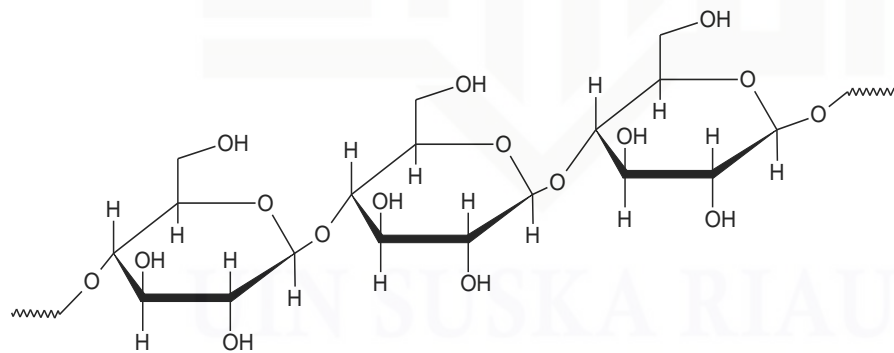
1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

jumlahnya masing-masing adalah 30,91%, 27% dan 9,09%. Berikut tabel analisis kandungan kimia dari rumput gajah:²⁸

Tabel 2.1. Analisis kandungan kimia rumput gajah

Parameter	Berat Basah	Berat Kering
Kandungan Air (%)	89	-
Jumlah Abu (%)	2	18,18
Protein Kasar (%)	2,97	27
Lemak Kasar (%)	1,63	14,82
Jumlah Total Karbohidrat (%)	3,4	30,91
Serat Kasar (%)	1	9,01

Serat kasar adalah bagian struktur sel pada jaringan tanaman. Serat kasar mengandung selulosa, hemiselulosa, polisakarida dan lignin.²⁹ Selulosa adalah polimer β -glukosa dengan ikatan β -1,4 diantara satuan glukosanya. Selulosa merupakan senyawa yang mempunyai karakter hidrofilik karena adanya gugus hidroksil pada tiap unit polimernya. Gugus fungsi pada selulosa terutama gugus karboksil dan hidroksilnya dapat berikatan dengan ion logam.³⁰



Gambar 2.2. Struktur selulosa

²⁸C.C. Okaraonye dan J.C. Ikewuchi, Nutritional and Antinutritional Components of *Pennisetum purpureum Schumach*, *Pakistan Journal of Nutritional*, Vol. 8, No. 1, 2009, hlm. 33.

²⁹Purbajanti, *Op. Cit.*, hlm. 168.

³⁰A.W. Handayani, *Loc. Cit.*

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Rumput gajah memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi. Menurut Sari, kandungan selulosa dalam rumput gajah yaitu 48,055%. Berikut tabel kandungan kimia rumput gajah:³¹

Tabel 2.2. Kandungan kimia rumput gajah

No	Parameter	Konsentrasi (%)
1	Selulosa	48,055
2	Glukosa	4,836
3	Pati	20,367
Total		73,258

Selain itu, rumput gajah juga memiliki kandungan nutrisi lain. Setiap ton bahan kering rumput gajah mengandung Nitrogen (N) sebesar 10-30 kg, Posfor (P) sebesar 2-3 kg, Kalium (K) sebesar 30 kg, Kalsium (Ca) sebesar 3-6 kg, Magnesium (Mg) dan Sulfur (S) sebesar 2-3 kg.³²

2. Logam Kadmium (Cd)

Logam Kadmium (Cd) adalah salah satu logam berat dengan penyebaran yang sangat luas di alam. Logam ini bernomor 48, berat atom 112,40, titik cair 320,8⁰C dan titik didih 765⁰C.³³ Di alam Cd bersenyawa dengan belerang (S) sebagai greenocckite (CdS) yang ditemui bersamaan dengan senyawa spalerite (ZnS). Cd merupakan logam lunak (ductile)

³¹N.K. Sari, *Op. Cit.*, hlm. 100.

³²*Ibid.*

³³K.H. Sugiyarto dan R.D. Suyanti, *Loc. Cit.*



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

berwarna putih perak dan mudah teroksidasi oleh udara bebas dan gas amonia (NH_3).³⁴

Kadmium yang bervalensi dua (Cd^{2+}) merupakan bentuk terlarut stabil dalam lingkungan perairan laut pada pH di bawah 8,0. Kadar Cd di perairan alami berkisar antara 0,29-0,55 ppb dengan rata-rata 0,42 ppb. Dalam lingkungan alami yang bersifat basa, Cd mengalami hidrolisis, teradsorpsi oleh padatan tersuspensi dan membentuk ikatan kompleks dengan bahan organik. Di perairan alami, Cd membentuk ikatan baik dengan ligan organik maupun anorganik seperti $\text{Cd}(\text{OH})^+$, CdCl^+ , CdSO_4 , CdCO_3 dan Cd organik.³⁵

Logam Cd sangat banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Logam ini telah digunakan semenjak tahun 1950 dan total produksi di dunia adalah sekitar 15.000-18.000 per tahun. Sebagian besar produksi Cd dipakai untuk pelapisan (*electroplating*) seperti pada besi dan baja untuk mencegah terjadinya korosi. Cd juga banyak dipakai untuk logam paduan yang memberikan sifat anti retak. Batangan Cd juga dapat pakai untuk absorpsi neutron sehingga dapat mengendalikan terjadinya aksi berantai.³⁶ Penggunaan Cd dan persenyawaannya juga ditemukan dalam industri pencelupan, fotografi, industri baterai, dan lain-lain.³⁷

Logam Cd dan persenyawaannya dapat masuk ke lingkungan, terutama sekali merupakan efek sampingan dari aktivitas yang dilakukan

³⁴H. Palar, *Op. Cit.*, hlm. 116.

³⁵Hasrianti, *Adsorpsi Cd^{2+} dan Cr^{6+} pada Limbah Cair Menggunakan Kulit Singkong*, Tesis, Universitas Hasanuddin, Makassar, 2012, hlm. 23.

³⁶K.H. Sugiyarto dan R.D. Suyanti, *Op. Cit.*, hlm. 323.

³⁷H. Palar, *Op. Cit.*, hlm. 117.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

manusia. Boleh dikatakan bahwa semua bidang industri yang melibatkan Cd dalam proses operasional industrinya menjadi sumber pencemaran Cd.³⁸ Bahan pencemar Cd dalam perairan biasanya berasal dari pembuangan limbah industri dan limbah pertambangan. Cd secara luas digunakan dalam proses pelapisan logam.³⁹

Seperti halnya merkuri dan logam-logam berat lainnya, logam Cd membawa sifat racun yang sangat merugikan bagi semua organisme hidup, bahkan juga sangat berbahaya untuk manusia. Dalam badan perairan, kelarutan Cd dalam konsentrasi tertentu dapat membunuh biota perairan. Logam Cd juga akan mengalami proses biotransformasi dan bioakumulasi dalam organisme hidup (tumbuhan, hewan dan manusia).⁴⁰

Menurut Permenkes No. 416/MenKes/Per/IX/1990 kadar maksimum Cd dalam air bersih yang dibolehkan adalah 0,005 mg/L.⁴¹ Keberadaan logam Cd yang melebihi ambang batas dapat menyebabkan keracunan yang bersifat akut maupun kronis bagi manusia. Keracunan akut muncul setelah 4-10 jam sejak penderita terpapar oleh Cd. Keracunan Cd bisa menimbulkan penyakit paru-paru akut. Lebih jauh, keracunan akut yang disebabkan oleh uap Cd atau CdO dapat menimbulkan kematian bila konsentasinya berkisar 2500-2900 mg/m³.

³⁸*Ibid.*, hlm. 118.

³⁹R. Achmad, *Kimia Lingkungan, Loc. Cit.*

⁴⁰H. Palar, *Op. Cit.*, hlm. 119-120.

⁴¹Departemen Kesehatan, *Keputusan Menteri Kesehatan RI No. 416/MENKES/Per/IX/1990 tentang Persyaratan kualitas air minum dan air bersih*, www.depkes.go.id, diakses 07 Maret 2017.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Keracunan kronis Cd dapat merusak sistem fisiologis tubuh, antara lain sistem urinaria (ginjal), sistem respirasi (pernafasan/paru-paru). Sistem sirkulasi (darah) dan jantung. Di samping semua itu, keracunan kronis tersebut juga merusak kelenjar reproduksi, sistem penciuman dan bahkan dapat mengakibatkan kerapuhan pada tulang.⁴²

3. Limbah Cair

Dalam konotasi sederhana, limbah dapat diartikan sebagai sampah. Limbah atau dalam bahasa ilmiahnya disebut juga dengan *polutan*, dapat digolongkan atas beberapa kelompok berdasarkan pada jenis, sifat dan sumbernya. Berdasarkan pada jenis, limbah dikelompokkan atas golongan limbah padat dan limbah cair. Berdasarkan pada sifat yang dibawanya, limbah dikelompokkan atas limbah organik dan limbah an-organik. Sedangkan bila berdasarkan pada sumbernya, limbah dikelompokkan atas limbah rumah tangga dan limbah industri.⁴³

Limbah cair adalah sisa dari suatu hasil usaha atau kegiatan yang berwujud cair.⁴⁴ Limbah cair dapat berasal dari rumah tangga (domestik) maupun industri. Jenis industri yang menghasilkan limbah cair, diantaranya adalah industri pulp dan rayon, pengolahan crumb rubber, besi dan baja, kertas, minyak goreng, tekstil, elektroplating, *plywood*, dan lain-lain.⁴⁵

⁴²H. Palar, *Op. Cit.*, hlm. 119-124.

⁴³*Ibid.*, hlm. 11-12.

⁴⁴Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia, *Permen-LH No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah*, www.pelatihanlingkungan.com, diakses pada 26 April 2017.

⁴⁵P. Kristanto, *Ekologi Industri* (Yogyakarta: ANDI, 2013), hlm. 233.



Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Pencemaran yang dapat ditimbulkan oleh limbah cair ada bermacam-macam bentuk. Ada pencemaran berupa bau, warna, bahkan pemutusan mata rantai dari suatu tatanan lingkungan hidup atau penghancuran suatu jenis organisme yang pada tingkat akhirnya akan menghancurkan tatanan ekosistemnya. Pencemaran yang dapat menghancurkan tatanan lingkungan hidup, biasanya berasal dari limbah-limbah yang sangat berbahaya dalam arti memiliki daya racun (toksisitas) yang tinggi. Limbah-limbah yang sangat beracun pada umumnya merupakan limbah kimia, apakah itu berupa persenyawaan-persenyawaan kimia atau hanya dalam bentuk unsur atau ionisasi. Biasanya senyawa kimia yang sangat beracun bagi organisme hidup dan manusia adalah senyawa-senyawa kimia yang mempunyai bahan aktif dari logam-logam berat. Daya racun yang dimiliki oleh bahan aktif dari logam berat akan bekerja sebagai penghalang kerja enzim dalam proses fisiologis atau metabolisme tubuh. Sehingga proses metabolisme terputus. Di samping itu bahan beracun dari senyawa kimia juga dapat terakumulasi atau menumpuk dalam tubuh, akibatnya timbul problema keracunan kronis.⁴⁶

4. Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses akumulasi adsorbat pada permukaan adsorben yang disebabkan oleh gaya tarik antar molekul adsorbat dengan permukaan adsorben.⁴⁷ Adsorpsi dapat terjadi pada antarfasa padat-cair, padat-gas atau gas-cair. Molekul yang terikat pada bagian permukaan

⁴⁶H. Palar, *Loc. Cit.*

⁴⁷Nurhasni, Hendrawati, N. Saniyyah, *Loc. Cit.*



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

disebut adsorbat, sedangkan permukaan yang menyerap molekul-molekul adsorbat disebut adsorben.⁴⁸ Adsorpsi berbeda dengan absorpsi. Pada absorpsi zat yang diserap masuk ke dalam absorbens, sedang pada adsorpsi, zat yang diserap hanya terdapat pada permukaannya.⁴⁹ Adsorpsi adalah gejala permukaan, sehingga makin luas permukaan, maka makin banyak zat yang teradsorpsi. Walaupun demikian, adsorpsi masih tergantung pada sifat zat pengadsorpsi.⁵⁰

Adsorpsi juga dapat diartikan sebagai proses pemisahan komponen tertentu dari satu fasa fluida ke permukaan zat padat yang menyerap (adsorben). Pemisahan terjadi karena perbedaan bobot molekul atau porositas, menyebabkan sebagian molekul terikat lebih kuat pada permukaan dari pada molekul lainnya.⁵¹

Proses adsorpsi dapat terjadi karena adanya gaya tarik molekul pada permukaan padatan yang tidak seimbang. Adanya gaya ini, padatan cenderung menarik molekul-molekul yang lain yang bersentuhan dengan permukaan padatan, baik fasa gas ataupun fasa larutan ke dalam permukaannya. Akibatnya, konsentrasi molekul pada permukaan menjadi lebih besar daripada dalam fasa gas atau zat terlarut dalam larutan. Menurut Giles dan Osipow dalam Ade Apriliani (2010), yang bertanggung

⁴⁸A. Apriliani, *Pemanfaatan Arang Ampas Tebu sebagai Adsorben Ion Logam Cd, Cr, Cu dan Pb dalam Air Limbah*, Skripsi, UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta, 2010, hlm. 6.

⁴⁹Sukardjo, *Kimia Fisika* (Jakarta: Rineka Cipta, 2013), hlm. 190.

⁵⁰A. Apriliani, *Loc. Cit.*

⁵¹Yustinah dan Hartini, *Adsorpsi Minyak Goreng Bekas Menggunakan Arang Aktif dari Sabut Kelapa*, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*, Yogyakarta, 2011, hlm. 2.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

jawab terhadap adsorpsi adalah gaya tarik Van der Waals, pembentukan ikatan hidrogen, pertukaran ion dan pembentukan ikatan kovalen.⁵²

a. Jenis-jenis Adsorpsi

Berdasarkan besarnya interaksi antara adsorben dan adsorbat, adsorpsi dibedakan menjadi dua macam yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia.

1) Adsorpsi Fisika

Adsorpsi fisika terjadi bila gaya intermolekuler lebih besar dari gaya tarik antar molekul atau gaya tarik menarik yang relatif lemah antara adsorbat dengan permukaan adsorben, gaya ini disebut gaya Van der Waals, sehingga adsorbat dapat bergerak dari satu bagian permukaan ke bagian permukaan lain dari adsorben. Adsorpsi ini berlangsung cepat, dapat membentuk lapisan jamak (multilayer) dan dapat bereaksi balik (reversibel). Sehingga molekul-molekul yang teradsorpsi mudah dilepaskan kembali dengan cara menurunkan tekanan gas atau konsentrasi zat terlarut.⁵³

Adsorpsi fisika umumnya terjadi pada temperatur yang rendah dan jumlah zat yang teradsorpsi akan semakin kecil dengan naiknya suhu. Banyaknya zat yang teradsorpsi dapat beberapa lapisan monomolekuler, demikian juga kondisi kesetimbangan tercapai segera setelah adsorben bersentuhan dengan adsorbat. Hal

⁵²A. Apriliani. *Loc. Cit.*

⁵³*Ibid.*, hlm. 7.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

ini dikarenakan dalam adsorpsi fisika tidak melibatkan energi aktivasi.⁵⁴

2) Adsorpsi Kimia

Adsorpsi kimia terjadi karena adanya gaya-gaya kimia dan diikuti oleh reaksi kimia. Karena melibatkan reaksi kimia maka adsorpsi jenis ini menghasilkan produk reaksi berupa senyawa baru.⁵⁵ Adsorpsi kimia, terjadi diawali dengan adsorpsi fisika, yaitu partikel-partikel adsorbat mendekat ke permukaan adsorben melalui gaya Van der Waals atau ikatan hidrogen, kemudian diikuti oleh adsorpsi kimia membentuk ikatan kimia.⁵⁶

b. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi yaitu:⁵⁷

1) Luas permukaan

Semakin luas permukaan adsorben, maka makin banyak zat yang teradsorpsi. Luas permukaan adsorben ditentukan oleh ukuran partikel dan jumlah dari adsorben.

2) Polaritas adsorbat

Peningkatan polarisabilitas adsorbat akan meningkatkan kemampuan adsorpsi. Molekul yang mempunyai polarisabilitas yang

⁵⁴*Ibid.*

⁵⁵A.W. Handayani, *Op. Cit.*, hlm. 10.

⁵⁶R. Langenati, R. Mordiono M., D. Mustika, B. Wasito dan Ridwan, Pengaruh Jenis Adsorben dan Konsentrasi Uranium terhadap Pemungutan Uranium dari Larutan Uranil Nitrat, *J. Tek. Bhn. Nukl*, Vol. 8, No. 2, 2012, hlm. 96-97.

⁵⁷I. Syauqiah, M. Amalia dan H.A. Kartini, Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengaduk pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif. *INFO TEKNIK*, Vol. 12, No. 1, 2011, hlm. 13-14.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

tinggi (polar) memiliki kemampuan tarik menarik terhadap molekul lain dibandingkan molekul yang tidak dapat membentuk dipol (non polar).

3) Konsentrasi adsorbat

Semakin besar konsentrasi adsorbat dalam larutan maka semakin banyak jumlah substansi yang terkumpul pada permukaan adsorben.

4) Temperatur

Pemanasan atau pengaktifan adsorben akan meningkatkan daya serap adsorben terhadap adsorbat menyebabkan pori-pori adsorben lebih terbuka. Pemanasan yang terlalu tinggi menyebabkan rusaknya adsorben sehingga kemampuan penyerapannya menurun.

5) pH larutan

pH larutan mempengaruhi kelarutan ion logam, aktivitas gugus fungsi pada biosorben dan kompetisi ion logam dalam proses adsorpsi.

6) Waktu kontak

Penentuan waktu kontak yang menghasilkan kapasitas adsorpsi maksimum terjadi pada waktu kesetimbangan.

7) Kelarutan adsorbat

Proses adsorpsi terjadi pada molekul- molekul yang ada dalam larutan harus dapat berpisah dari cairannya dan dapat berikatan dengan permukaan adsorben. Sifat unsur yang terlarut mempunyai

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarangi mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

gaya tarik-menarik terhadap cairannya yang lebih kuat bila dibandingkan dengan unsur yang sukar larut. Dengan demikian unsur yang terlarut akan lebih sulit terserap pada adsorben bila dibandingkan dengan unsur yang tidak larut.⁵⁸

8) Proses pengadukan

Kecepatan adsorpsi selain dipengaruhi oleh *film diffusion* dan *pore diffusion* juga dipengaruhi oleh pengadukan. Jika proses pengadukan relatif kecil maka adsorbat sukar menembus lapisan film antara permukaan adsorben dan *film diffusion* yang merupakan faktor pembatas yang memperkecil kecepatan penyerapan. Jika pengadukan sesuai maka akan menaikkan *film diffusion* sampai titik *pore diffusion* yang merupakan faktor pembatas dalam sistem *batch*.⁵⁹

c. Adsorben

Adsorben merupakan zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari suatu fase fluida. Kebanyakan adsorben adalah bahan-bahan yang sangat berpori dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding-dinding pori atau pada letak-letak tertentu di dalam partikel itu.⁶⁰

1) Jenis-jenis Adsorben

Adsorben dapat digolongkan 2 jenis, yaitu adsorben tidak berpori (*non-porous sorbents*) dan adsorben berpori (*porous*

⁵⁸F. Asip, R. Mardiah, dan Husna, Uji Efektifitas Cangkang Telur dalam Mengadsorpsi Ion Fe dengan Proses *Batch*, *Jurnal Teknik Kimia*, No. 2, Vol. 15, 2008, hlm. 23.

⁵⁹*Ibid.*

⁶⁰F. Rahmayani dan Siswarni MZ, *Loc. Cit.*

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

sorbents).⁶¹

a) Adsorben tidak berpori (*non-porous sorbents*)

Adsorben tidak berpori dapat diperoleh dengan cara presipitasi deposit kristalin seperti BaSO₄ atau penghalusan padatan kristal. Luas permukaan spesifiknya kecil, tidak lebih dari 10 m²/g dan umumnya antara 0.1 s/d 1 m²/g. Adsorben tidak berpori seperti filter karet (*rubber filters*) dan karbon hitam grafit (*graphitized carbon blacks*) adalah jenis adsorben tidak berpori yang telah mengalami perlakuan khusus sehingga luas permukaannya dapat mencapai ratusan m²/g.

b) Adsorben berpori (*porous sorbents*)

Luas permukaan spesifik adsorben berkisar antara 100 s/d 1000 m²/g. Biasanya digunakan sebagai penyangga katalis, dehidrator, dan penyeleksi komponen. Adsorben ini umumnya berbentuk granular. Beberapa jenis adsorben berpori yang telah digunakan secara komersial adalah serbuk, zeolit, silika gel dan *activated alumina*.

2) Aktivasi Adsorben

Aktivasi adalah bagian dalam proses pembuatan adsorben yang bertujuan untuk membuka atau menciptakan pori yang dapat dilalui oleh adsorbat, memperbesar distribusi dan ukuran pori serta

⁶¹R. Hendra, *Pembuatan Serbuk dengan Bahan Dasar Batu Bara Indonesia dengan Metode Aktivasi Fisika dan Karakteristiknya*, Skripsi, Universitas Indonesia, Jakarta, 2008, hlm. 11-12.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

memperbesar luas permukaan adsorben.⁶² Aktivasi juga bertujuan untuk memisahkan lignin dari selulosa.⁶³ Terdapat dua metode aktivasi yaitu:

a) Aktivasi Fisika

Bahan dasar diaktivasi menggunakan *activating agent* dari gas CO₂ dan *steam* pada suhu 800-1200⁰ C.⁶⁴

b) Aktivasi Kimia

Aktivasi kimia merupakan aktivasi dengan pemakaian bahan kimia yang dinamakan aktivator. Aktivator yang sering digunakan adalah hidroksida logam alkali, klorida, sulfat, fosfat dari logam alkali tanah, ZnCl₂, asam-asam anorganik seperti H₂SO₄ dan H₃PO₄.⁶⁵

Aktivator yang digunakan untuk adsorben dari selulosa biasanya dari hidroksida logam alkali.⁶⁶ Dalam penelitian ini digunakan larutan NaOH. Larutan NaOH digunakan sebagai pelarut bertujuan untuk memisahkan selulosa dan lignin, karena adanya lignin dapat menghambat proses adsorpsi. Ion OH⁻ dari NaOH akan memutuskan ikatan-ikatan dari struktur dasar lignin sehingga lignin akan mudah larut. Reaksi pemutusan ikatan lignin dan selulosa dapat dilihat pada Gambar 2.3⁶⁷

⁶²R. Hendra, *Op. Cit.*, hlm. 19

⁶³A.W. Handayani, *Op. Cit.*, hlm. 14.

⁶⁴R. Hendra, *Op. Cit.*, hlm. 20.

⁶⁵A.W. Handayani, *Op. Cit.*, hlm. 15.

⁶⁶*Ibid.*

⁶⁷I. Safrianti, N.W. Titin, dan A. Zaharah, Adsorpsi Timbal (II) oleh

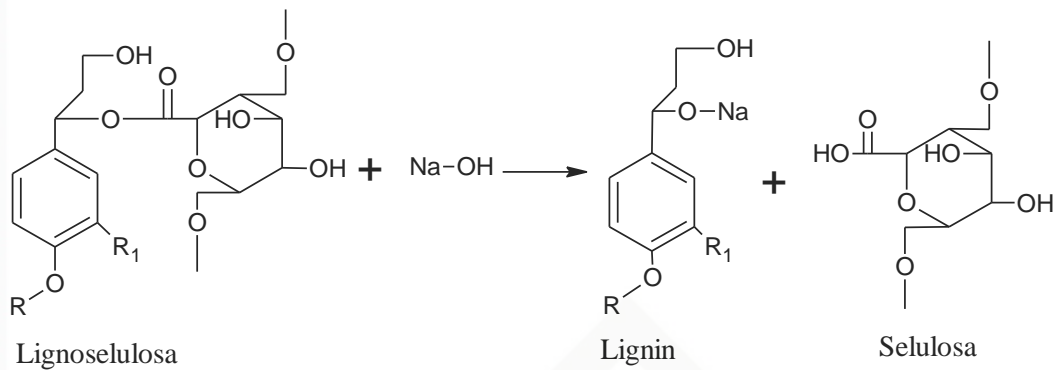
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.3. Mekanisme pemutusan ikatan antara lignin dan selulosa menggunakan NaOH

5. Spektroskopi Serapan Atom (SSA)

a. Prinsip Spektroskopi Serapan Atom (SSA)

Spektroskopi serapan atom (SSA) didasarkan pada penyerapan energi sinar oleh atom-atom netral, dan sinar yang diserap biasanya sinar tampak atau ultraviolet. Dalam garis besarnya prinsip spektroskopi serapan atom sama saja dengan spektrofotometri sinar tampak dan ultraviolet. Perbedaannya terletak pada bentuk spektrum, cara pengerjaan sampel dan peralatannya. Metode spektroskopi serapan atom (SSA) mendasarkan pada prinsip absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom akan menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya.⁶⁸

Spektrofotometri serapan atom (SSA) sangat bermanfaat untuk analisis kuantitatif yaitu menentukan kadar total unsur logam dalam jumlah sekelumit (*trace*) dan sangat sekelumit (*ultratrace*). SSA

Selulosa Limbah Jerami Padi teraktivasi Asam Nitrat: Pengaruh pH dan Waktu Kontak, *JKK*, 2012, Vol. 1, No. 1, hlm. 3.

⁶⁸I.G. Gandjar dan A. Rohman, *Kimia Farmasi Analisis* (Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2013), hlm. 298-299.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

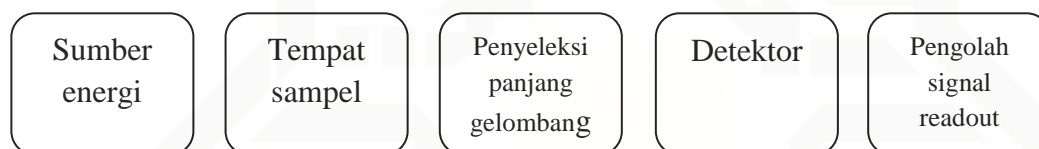
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

termasuk ke dalam spektroskopi atom, dimana prinsip dasarnya adalah interaksi antara sinar REM (biasanya sinar UV/VIS) dengan materi kimia (yaitu dalam bentuk atom-atom netral) berupa absorpsi. Atom akan menyerap sinar UV/VIS pada panjang gelombang tertentu dan karakteristik tergantung pada sifat unsurnya.⁶⁹

b. Instrumentasi Spektroskopi Serapan Atom (SSA)

Spektroskopi serapan atom (SSA) terdiri dari 5 komponen utama.

Komponen-komponen ini dikontrol oleh piranti lunak komputer.



Gambar 2.4. Bagan instrumentasi SSA⁷⁰

Lima komponen utama tersebut adalah sumber energi, tempat sampel, penyeleksi panjang gelombang, detektor dan pengolah signal/readout.

1) Sumber Energi

Sumber energi pada SSA adalah lampu katoda berongga. Lampu katoda berongga berupa tabung kaca tertutup yang terdiri dari katoda dan anoda. Tabung lampu diisi dengan gas mulia (neon atau argon) dengan tekanan rendah (10-15 torr). Katoda berbentuk

⁶⁹Yusbarina, *Analisis Instrumen Kimia (Metode Spektroskopi)* (Pekanbaru: Kreasi Edukasi, 2014), hlm. 91.

⁷⁰*Ibid.*, hlm. 95.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

silinder berongga yang permukaannya dilapisi dengan unsur yang sama dengan unsur yang akan dianalisis.⁷¹

2) Tempat Sampel

Sampel yang akan dianalisis harus diuraikan menjadi atom-atom netral yang masih dalam keadaan dasar. Atomisasi adalah proses perubahan analit dari fasa cair menjadi atom dalam fasa gas. Atomisasi dapat dilakukan dengan nyala dan tanpa nyala.⁷²

3) Penyeleksi panjang gelombang

Spektrum emisi dari lampu katoda berongga, selain dari garis emisi untuk analit juga mengandung garis emisi dari pengotor yang ada pada logam katoda dan gas pengisi. Oleh karena itu, dibutuhkan monokromator untuk mengeliminasi sinar yang tidak diharapkan dan meneruskan hanya sinar yang dibutuhkan untuk analisis.⁷³

4) Detektor

Detektor yang biasa digunakan ialah tabung pengganda foton (*photomultiplier tube*), terdiri dari katoda yang dilapisi senyawa yang bersifat peka cahaya dan suatu anoda yang mampu mengumpulkan elektron. Ketika foton menumbuk katoda maka elektron akan dipancarkan, dan bergerak menuju anoda. Antara katoda dan anoda terdapat dinoda-dinoda yang mampu menggandakan elektron. Sehingga intensitas elektron yang sampai

⁷¹Yusbarina, *Op. Cit.*, hlm. 95.

⁷²*Ibid.*, hlm. 96-98.

⁷³*Ibid.*, hlm. 99.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

menuju anoda besar dan akhirnya dapat dibaca sebagai sinyal listrik.⁷⁴

5) Pengolah Signal/ *Readout*

Pada bagian ini sinyal listrik diubah menjadi data yang dapat dipahami oleh analis, biasanya dalam bentuk absorbansi.⁷⁵

c. Analisis Kuantitatif dengan Spektroskopi Serapan Atom (SSA)

Ada beberapa metode kuantifikasi hasil analisis dengan metode spektroskopi serapan atom (SSA), yaitu dengan menggunakan kurva kalibrasi; dengan perbandingan langsung, dengan menggunakan metode dua baku; dan dengan menggunakan metode standar adisi (metode penambahan baku).

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode kurva kalibrasi. Kurva kalibrasi dalam SSA dibuat dengan memasukkan sejumlah tertentu konsentrasi larutan dalam sistem dilanjutkan dengan pengukuran. Dalam prakteknya disarankan untuk membuat paling tidak 4 baku dan 1 blanko untuk membuat kurva kalibrasi linier yang menyatakan hubungan antara absorbansi (A) dengan konsentrasi analit untuk melakukan analisis. Disarankan absorbansi sampel tidak melebihi dari absorbansi baku tertinggi dan tidak kurang dari absorbansi baku terendah.⁷⁶

Metode kurva kalibrasi dilakukan dengan cara mengalurkan absorbansi larutan standar (A) terhadap konsentrasi larutan standar (C)

⁷⁴*Ibid.*

⁷⁵*Ibid.*

⁷⁶I.G. Gandjar dan A. Rohman, *Op.Cit.*, hlm. 313.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Diarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

sehingga dihasilkan grafik berupa garis lurus, kemudian didapatkan persamaan regresi linear $y = ax + b$, dimana y adalah absorbansi dan x adalah konsentrasi, a adalah slop dan b adalah intersept. Kemudian hitung konsentrasi zat pada sampel pada persamaan regresi linear yang didapatkan dari kurva kalibrasi. Metode ini dilakukan jika konsentrasi sampel tidak terlalu kecil, preparasi mudah dilakukan, dan jumlah sampel banyak.⁷⁷

6. Sumber Belajar

Sumber belajar adalah semua sumber baik yang berupa data, orang dan wujud tertentu yang digunakan oleh siswa dalam belajar baik secara terpisah maupun terkombinasi sehingga mempermudah siswa dalam mencapai tujuan belajar.⁷⁸

AECT (*Association for Educational Communication and Technology*) membedakan enam jenis sumber belajar yang dapat digunakan dalam proses belajar sebagai berikut:⁷⁹

- a. Pesan adalah segala informasi dalam bentuk ide, fakta, ajaran, nilai dan data yang disampaikan kepada anak didik.⁸⁰ Pesan terbagi dua, yaitu pesan formal dan pesan nonformal. Pesan formal yaitu pesan yang dikeluarkan lembaga resmi, seperti pemerintah atau pesan yang disampaikan guru dalam situasi pembelajaran, serta dapat juga berupa dokumen seperti kurikulum, silabus, perencanaan pembelajaran dan

⁷⁷Yusbarina, *Op.Cit.*, hlm. 102.

⁷⁸Rusman, *Loc. Cit.*

⁷⁹*Ibid.*, hlm. 137-139.

⁸⁰*Ibid.*, hlm. 130.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

segainya. Pesan nonformal, yaitu pesan yang ada di lingkungan masyarakat luas yang dapat digunakan sebagai bahan pembelajaran, misalnya cerita rakyat, legenda, ceramah oleh tokoh masyarakat dan ulama, prasasti, relief-relief pada candi, kitab-kitab kuno dan peninggalan sejarah lainnya.

- b. Orang yaitu siapa saja yang memiliki keahlian tertentu dimana peserta didik dapat belajar sesuatu, maka yang bersangkutan dapat dikategorikan sebagai sumber belajar. Misalnya guru, ahli geologi, polisi, dan ahli-ahli lainnya.⁸¹
- c. Bahan merupakan suatu format yang digunakan untuk menyimpan pesan pembelajaran, seperti buku paket, buku teks, modul, program video, film, OHT (*over head transparency*), program slide, alat peraga, bahan *e-learning*, dan sebagainya (biasa disebut *software*).
- d. Alat adalah benda-benda yang berbentuk fisik sering disebut juga dengan perangkat keras (*hardware*). Alat ini berfungsi untuk menyajikan bahan-bahan. Di dalamnya mencakup Multimedia Projector, Slide Projector, tape recorder, opaque projector, dan sebagainya.
- e. Teknik adalah cara (prosedur) yang digunakan orang dalam memberikan pembelajaran guna mencapai tujuan pembelajaran. Di dalamnya mencakup ceramah, permainan/simulasi, tanya jawab, sosiodrama, dan sebagainya.

⁸¹A. Majid, *Perencanaan Pembelajaran Mengembangkan Standar Kompetensi Guru* (Bandung: PT Remaja Rosdakarya, 2013), hlm. 170.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

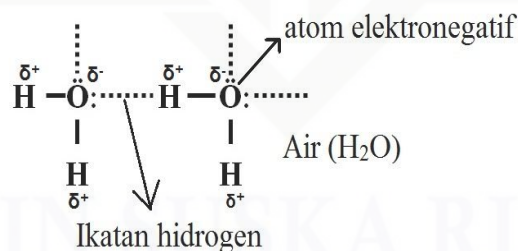
- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- Latar/ lingkungan adalah segala sesuatu yang dapat memungkinkan siswa belajar, misalnya gedung sekolah, perpustakaan, laboratorium, taman, kantin sekolah dan lain sebagainya.⁸²

7. Materi Pembelajaran Ikatan Hidrogen

Ikatan hidrogen adalah ikatan yang terbentuk karena adanya tarik menarik antara atom hidrogen parsial positif dari satu molekul dengan pasangan elektron bebas dari atom suatu molekul lain yang elektronegatif seperti F,N, dan O. Ikatan hidrogen terjadi karena ukuran atom hidrogen yang kecil dan adanya polaritas dari ikatan H dengan atom elektronegatif (F, N, dan O), misal H-O atau N-H. Sifat ini menyebabkan atom hidrogen yang sedikit positif ditarik lebih dekat ke atom oksigen atau nitrogen yang sedikit negatif sehingga terbentuklah ikatan hidrogen.⁸³ Ikatan hidrogen yang paling sederhana terjadi pada dimer dua molekul air.⁸⁴ Pembentukan ikatan hidrogen dalam molekul air digambarkan seperti dalam Gambar 2.5 berikut.



Gambar 2.5. Pembentukan ikatan hidrogen pada molekul air

⁸²W. Sanjaya, *Strategi Pembelajaran Berorientasi Standar Proses Pendidikan* (Jakarta: Kencana, 2007), hlm. 174.

⁸³R.J. Fessenden dan J.S. Fessenden, *Dasar-dasar Kimia Organik* (Tangerang: Binarupa Aksara, 2010), hlm. 50.

⁸⁴R.M. Noor, Yahmin dan Parlan, Studi Sifat Kooperatif Ikatan Hidrogen pada $\text{CH}_3\text{CHO}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{CH}_2\text{ClCHO}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ Menggunakan Metode DFT, *Jurnal Univeristas Negeri Malang*, hlm.1.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Pembentukan ikatan hidrogen pada molekul air mengalami interaksi spesifik yang bersifat kooperatif. Molekul air yang mendonasikan atom H untuk membentuk ikatan hidrogen menyebabkan kerapatan elektron pada O meningkat sehingga mendukung proses penerimaan atom H dari molekul air yang lain, sedangkan molekul air sebagai aseptor atom H akan mendukung terjadinya donasi atom H oleh molekul air tersebut.⁸⁵

Ikatan hidrogen bukan ikatan kovalen; melainkan hanya gaya tarik elektrostatik antara hidrogen yang positif dan sepasang elektron yang terikat. Ikatan hidrogen lebih lemah dibandingkan dengan ikatan kovalen. Untuk memecah ikatan hidrogen hanya diperlukan 2-7 kkal/mol, sedangkan untuk memecahkan ikatan kovalen dibutuhkan 75-100 kkal/mol.⁸⁶

Adanya ikatan hidrogen dalam suatu senyawa mempengaruhi sifat-sifat fisik senyawa tersebut misalnya titik didih, kelarutan dalam air dan bentuk molekul. Titik didih senyawa yang memiliki ikatan hidrogen lebih besar daripada titik didih senyawa yang tidak memiliki ikatan hidrogen walaupun memiliki massa molekul yang sama. Misalnya etanol berbentuk cairan memiliki titik didih 78,5⁰C, sedangkan isomernya, dimetil eter, berupa gas memiliki titik didih -23,6⁰C, walaupun kedua senyawa memiliki massa molekul yang sama yakni 46,08 amu (atomic mass unit).

⁸⁵*Ibid.*⁸⁶R.J. Fessenden dan J.S. Fessenden, *Loc. Cit.*



Titik didih ini berbeda karena harus ada energi tambahan untuk memecahkan ikatan hidrogen dalam etanol.⁸⁷

Gugus $-OH$ yang dimiliki suatu senyawa (misal alkohol) dapat membentuk ikatan hidrogen dengan air, sehingga senyawa-senyawa yang memiliki ikatan hidrogen cenderung memiliki kelarutan yang lebih besar dalam air. Ikatan hidrogen juga mempengaruhi bentuk molekul senyawa. Banyak molekul-molekul biologis, seperti protein, berada dalam bentuk yang unik karena adanya ikatan hidrogen. Apabila senyawa ini dipanaskan, ikatan hidrogennya pecah, strukturnya akan kehilangan bentuk uniknya, dan aktivitas biologisnya hilang. Enzim, misalnya, dapat kehilangan aktivitasnya apabila dipanaskan.⁸⁸

B. Penelitian yang Relevan

Penelitian mengenai penggunaan bahan alam sebagai adsorben logam berat telah dilakukan sebelumnya oleh beberapa peneliti diantaranya:

1. N.A Adesola Babarinde dan J. Oyebamiji Babalola meneliti tentang biosorpsi logam Pb menggunakan adsorben dari rumput gajah dengan variasi pH, waktu kontak dan konsentrasi awal ion logam Pb. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa rumput gajah dapat mengadsorpsi logam Pb hingga mencapai 100% pada pH 4 (pH optimum). Waktu kontak optimum adalah 30 menit dimana konsentrasi logam Pb yang teradsorpsi sebesar $97,8774 \text{ mg g}^{-1}$, dan efisiensi penurunan kadar logam Pb dalam larutan meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi

⁸⁷*Ibid.*, hlm. 51.

⁸⁸*Ibid.*, hlm. 52.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

awal dari ion logam Pb. Efisiensi maksimum diperoleh sebesar 100% pada konsentrasi awal logam Pb 100 mg/L.⁸⁹

2. Aries Wiwit Handayani, meneliti tentang adsorpsi logam Kadmium (Cd) menggunakan adsorben daun nanas dengan memvariasikan waktu aktivasi, pH, dan waktu kontak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daun nanas dapat dijadikan adsorben Cd(II), waktu aktivasi terbaik adalah 24 jam, pH optimum adalah 4 dan waktu kontak optimum adalah 20 menit dengan daya serap 0,7123 mg/g.⁹⁰
3. Iffatuniswah Suhud, dkk., meneliti tentang adsorpsi logam Kadmium (Cd) menggunakan adsorben dari biomassa akar dan batang kangkung air dengan variasi pH dan dan konsentrasi ion logam. Hasil penelitian menunjukkan pH optimum larutan logam Cd(II) yang teradsorpsi adalah pH 4 dengan daya adsorpsi sebesar 94,842%. Sedangkan konsentrasi optimum larutan logam Cd(II) yang teradsorpsi oleh biomassa akar dan batang kangkung air adalah sama yaitu 600 ppm, dengan daya adsorpsi pada akar 91,862 mg/g, dan pada batang 91,118 mg/g.⁹¹

⁸⁹N.A.A. Babarinde dan J.O. Babalola, The Biosorption of Pb(II) from Solution by Elephant Grass (*Pennisetum purpureum*): Kinetic, Equilibrium, and Thermodynamic Studies, *The Pacific Journal of Science and Technology*, Vol. 11, No. 1, 2010, hlm. 622-630.

⁹⁰A.W. Handayani, *Penggunaan Selulosa Daun Nanas sebagai Adsorben Logam Berat Cd (II)*, Skripsi, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 2010.

⁹¹I. Suhud, V.M.A. Tiwow dan B. Hamzah, Adsorpsi Ion Kadmium (II) dari Larutannya Menggunakan Biomassa Akar dan Batang Kangkung Air, *Jurnal Akademika Kimia*, Vol. 1, No. 4, 2012, hlm. 153-158.