

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Alang-Alang (*Imperata cylindrica L*)

2.1.1. Klasifikasi Tanaman

Alang-alang merupakan tumbuhan yang dikenal sebagai gulma, tumbuh merumput dengan tunas yang merayap di dalam tanah. Tingginya bisa mencapai 30 – 180 cm, mudah berkembang biak, mempunyai rimpang kaku yang tumbuh menjalar (Hembing, 2008). Alang-alang merupakan tanaman yang agresif, memiliki sifat alelopati, sangat menyukai sinar matahari dan sangat mudah terbakar. Tanaman mampu menyebar dengan cepat, dapat tumbuh kembali dengan cepat, dan dapat menekan pertumbuhan tanaman di sekitarnya.



Gambar 1. Alang-alang (*Imperata cylindrica*)

Sumber :Fitrah, 2019

Alang-alang ditempatkan dalam anak suku Panicoideae. Klasifikasi alang-alang yaitu sebagai berikut (Heyne, 1987):

Kerajaan	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Liliopsida
Ordo	: Poales
Famili	: Poaceae
Genus	: Imperata
Spesies	: <i>Imperata cylindrica</i>

2.1.2. Nama Tanaman

Tanaman akar alang-alang memiliki nama di beberapa daerah seperti Jawa: alang-alang, kambengan, ki eurih (Sunda) kebut, lalang (Madura). Kalimantan: halalang, tingin. Nusa Tenggara: ambengan (Bali), re, sasak, sumbawa ati ndolo (Bima), witu (Sumba), kii, luo (Flores). Sulawesi: he, padang, padangan, padongo, deya, reja. Maluku : ri, weli, weri, wela hutu, palate, putune, 6 ige, weljo, kuso, kusu-kusu. Irian: gombur, ruren, mesofou, ukua, menthanoi, matawe, urmamu, omasa, kalepip. Sedangkan nama asing bai mao gen (c), lalang grass, white cotton grass, wolly (Dalimartha 2009).

2.1.3. Morfologi Tanaman

Alang-alang tumbuh liar di hutan, ladang, lapangan rumput, dan tepi jalan pada daerah kering yang mendapat sinar matahari. Tanaman yang mudah menjadi banyak ini bisa ditemukan pada ketinggian 1-2.700 m diatas permukaan laut (dpl.). Tanaman ini tumbuh tegak dan tinggi 30-180 cm, berbatang padat, dan berbuku-buku yang berambut jarang. Daun berbentuk pita, tegak, berujung runcing, tepi rata, berambut kasar dan jarang. Warna daun hijau, panjang 12-80 cm dan lebar 5-18 mm. Perbungaan berupa bulir majemuk dengan panjang tangkai bulir 6-30 cm. Panjang bulir 3 mm, berwarna putih, agak menguncup, dan mudah diterbangkan angin. Pada satu tangkai terdapat dua bulir bersusun.

Bulir terletak di atas adalah bunga sempurna, sedang yang di bawah adalah bunga mandul. Pada tangkai bulir terdapat rambut halus yang panjang dan padat berwarna putih. Biji jorong dengan panjang sekitar satu mm berwarna cokelat tua. Akar kaku, berbuku-buku dan menjalar. Tunas muda bisa dimakan dan bermanfaat bagi anak-anak (Dalimartha 2009). Tanaman ini banyak terdapat di Asia Tenggara dan Asia Timur, India, Makronesia, Australia, Afrika Timur dan Afrika Selatan. Daun alang-alang digunakan sebagai atap rumah tradisional di Papua New Guinea. Selain itu, tumbuhan ini ditanam secara luas untuk penutupan dan stabilisasi tanah di daerah dekat pantai dan daerah lainnya yang rentan erosi. Akar dari tanaman ini mengandung gula sehingga mudah untuk dikunyah.

2.1.4. Kandungan Kimia Tanaman

Tanaman alang-alang memiliki beberapa kandungan metabolit seperti manitol, sukrosa, glukosa, coixol, anemonin, asam kresik, logam alkali, saponin, tanin dan polifenol (Hariana, 2013), sedangkan akar alang-alang diketahui memiliki beberapa kandungan metabolit antara lain: arundoin, fernenol, isoarborinol, sillindrin, simiarenol, kampesterol, stigmasterol, β -sitosterol, skopoletin, skopolin, p-hidroksibenzaldehid, katekol, asam klorogenat, asam isoklorogenat, asam p-kumarat, asam neoklorogenat, asam asetat, asam oksalat, asam d-malat, asam sitrat, potassium (0,75% dari berat kering), kalsium, 5-hidroksitriptamin (Herbie, 2015), kalium, flavonoid, graminone B (Delima and Yemima, 2014).

Alang-alang mempunyai kandungan selulosa yang tinggi. Data menyebutkan alang-alang memiliki kadar abu 5,42%, silica 3,6%, lignin 18,12%, dan alfa selulosa 40,28%. Alang-alang mengandung bahan-bahan kimia bermanfaat. Antara lain manitol, glukosa, sakharosa, citric acid, malic acid, cylindrin, fernenol, coixol, arundoin, anemonin, simiarenol, damar, logam alkali, dan asam kersik.

Akar alang-alang mengandung isoarborino, arbosinone, camfesterol, imperanene, cylindol A, arundoin, citrid acid, sacarosa, glucosa, manitol, malic acid, coixol, cylindrene, stigmasterol, tanin, polifenol (Utami & Desty 2013). Akar dan daun alang-alang ditemukan 3 macam turunan flavonoid yaitu turunan 3',4',7-trihidroksi flavon, 2',3'-dihidroksi kalkon dan 6-hidroksi flavonol. Suatu turunan flavonoid yang kemungkinan termasuk golongan flavon, flavonol tersubstitusi pada 3-OH, flavanon atau isoflavon terdapat pada fraksi ekstrak 7 yang larut dalam etil asetat akar alang-alang (Sudarsono et al. 2002). Hasil uji kuantitatif alkaloid yang terkandung pada tanaman alang-alang sebesar 1,07% dan flavonoid pada alang-alang sebesar 4,8% (Seniwaty et al. 2009).

Alang-alang mengandung senyawa aktif alkaloid, flavanoid, dan tanin. Senyawa tanin bersifat adstringen yang bekerja lokal dengan mengendapkan protein darah sehingga perdarahan dapat dihentikan (Badriah 2013). Ekstrak metanol akar alang-alang pada penelitian yang telah dilakukan oleh Padma *et al.*

(2013) mengandung karbohidrat, glikosida, triterpenoid, komponen polifenol/tanin, flavonoid, protein dan minyak menguap.

Menurut penelitian Dhianawaty & Ruslin (2015) ekstrak metanol akar alang-alang mengandung senyawa fenol, diperoleh kadar polifenol dalam ekstrak 1,48%. Senyawa fenol merupakan suatu senyawa yang mengandung gugus hidroksil (-OH) yang terikat langsung pada gugus cincin hidrokarbon aromatik. Menurut Li *et al.* (2011) senyawa flavonoid dan tanin mempunyai efek terhadap kecepatan proses penyembuhan luka dengan cara mengurangi radikal bebas pada area luka, meningkatkan kontraksi jaringan, meningkatkan pembentukan pembuluh kapiler dan peningkatan proliferasi fibroblas.

2.1.5. Kegunaan Tanaman

Akar alang-alang memiliki khasiat yaitu menurunkan demam (antipiretik), meluruhkan kencing (diuretik), menghentikan pendarahan (hemostatik), menyejukkan darah, menurunkan kadar glukosa darah, menguatkan jantung (kardiotonik) (Agoes 2010).

Akar alang-alang menunjukkan aktivitas antikoagulan yang signifikan *in vivo* dan *in vitro* pada penelitian yang dilakukan oleh Oejha *et al.* 2010. Akar alang-alang umumnya dikenal sebagai Darbh dalam bahasa Hindi, adalah obat yang penting "Trinpanchmool" dan digunakan secara luas untuk pengobatan berbagai penyakit yaitu, infeksi saluran kemih, retensi urin, diabetes, gangguan jantung, asam urat, batuk dan pilek, peradangan, anemia, dan sebagai afrodisiak (Jayalakshmi *et al.* 2010).

Penelitian mengenai potensi akar alang-alang telah cukup banyak dilakukan, seperti akar alang-alang sebagai anti inflamasi, penghambat urinasi pada tikus (Sripanidkulchai *et al.* 2002), dan aktivitas antioksidan (Khaerunnisa 2009). Rumput alang-alang juga dapat dimanfaatkan sebagai adsorben logam berat. Hal ini disebabkan tumbuhan ini mengandung biopolimer, diantaranya selulosa yang merupakan polisakarida arsitektural yang membentuk komponen serat dari dinding sel tumbuhan dan protein yang mengandung gugus fungsional: karboksilat, hidroksil, dan gugus amino yang dapat berinteraksi dengan logam (Sastroutomo, 1990).

2.1.6 Ciri-ciri Tanaman Alang-Alang

Alang-alang sangat mudah dikenali karena memiliki ciri sebagai berikut:

- Memiliki ketinggian sekitar 2-4 feet atau sekitar 1.2 meter;
- Memiliki daun yang sempit atau lebar sekitar 1 inci dengan pelepah putih yang menonjol, kaku, berbentuk seperti pisau, panjangnya sekitar 1 meter, berbulu di bagian pangkal, dan tidak berbulu di bagian atas;
- Memiliki bunga seperti bulu putih yang berbentuk silinder, bercabang, panjang sekitar 3-11 inci, serta lebar sekitar 1.5 inci;
- Memiliki batang yang ramping;
- Memiliki akar yang kuat, bercabang, dan menjelajahi lapisan tanah hingga 60 cm.

2.1.7 Tempat Tumbuh Alang-Alang

Alang-alang sering ditemukan pada tempat-tempat yang menerima curah hujan lebih dari 1000 mm, atau pada kisaran sebesar 500-5000 mm. Di beberapa negara, spesies ini tumbuh pada ketinggian dari batas permukaan air laut hingga 2000 m, dan tercatat tumbuh pada ketinggian hingga 2700 m dpl di Indonesia. Rumput ini dijumpai pada kisaran habitat yang luas mencakup perbukitan pasir kering di lepas pantai dan gurun, juga rawa dan tepi sungai di lembah. Tumbuhan ini tumbuh di padang-padang rumput, daerah-daerah pertanian, dan perkebunan. Selain itu juga pada kawasan-kawasan hutan gundul (Forage, 2012).

2.2 Karbon Aktif

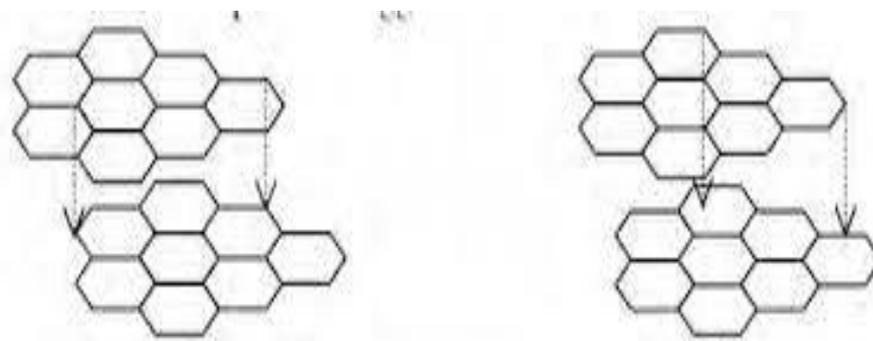
Karbon aktif merupakan suatu padatan yang berpori yang mengandung 85–95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi sehingga diperoleh luas permukaan yang sangat besar, dimana ukurannya berkisar antara 300–2000 m²/gr. Luas permukaan yang besar dari struktur dalam pori-pori karbon aktif dapat terus dikembangkan, struktur ini memberikan kemampuan karbon aktif menyerap (adsorb) gas-gas dan uap-uap dari gas dan juga dapat menguraikan zat-zat dari liquid. (Kirk-Othemar, 1992)

Menurut Setyoningrum dkk (2018) karbon aktif merupakan padatan yang didominasi amorf yang memiliki luas permukaan internal dan volume pori yang besar. Karakteristik karbon aktif bertugas untuk penyerapan, yang dieksploitasi di berbagai aplikasi fase *liquid* dan gas. Sedangkan menurut Kirk (1992) karbon aktif adalah adsorben yang sangat serbaguna karena ukuran dan distribusi pori-pori dalam matriks karbon dapat dikendalikan untuk memenuhi kebutuhan saat ini dan pasar yang bermunculan.

Karbon aktif merupakan karbon amorf dari pelat-pelat datar disusun oleh atom-atom C yang terikat secara kovalen dalam suatu kisi heksagonal datar dengan satu atom C pada setiap sudutnya yang luas permukaan berkisar antara 300 m² /g hingga 3500 m² /g dan ini berhubungan dengan struktur pori internal sehingga mempunyai sifat sebagai adsorben (Hartanto, dkk., 2010).

Karbon aktif merupakan karbon atau arang yang telah mengalami perbesaran poriataul luas permukaan sehingga dapat menyerap zat-zat lain yang ada di sekitarnya. Karbon aktif umumnya banyak digunakan sebagai zat penyerap (*adsorben*) zat-zat pengotor yang terkandung didalam air dan sebagai norit (obat diare) dalam duniamedis.

Struktur Karbon Aktif Struktur arang/karbon aktif menyerupai struktur grafit.Grafit mempunyai susunan seperti pelat-pelat yang sebagian besar terbentuk dari atom karbon yang berbentuk heksagonal. Jarak antara atom karbon dalam masing-masing lapisan 1,42 A. Pada grafit, jarak antara pelat-pelat lebih dekat dan terikat lebih teratur daripada struktur karbon aktif. Gambar struktur umum karbon aktif dan grafit sebagai berikut :



Gambar 2. Struktur Grafit dan struktur Karbon Aktif

Sumber :Meidiyanti, 2010

Struktur pori karbon aktif terbagi menjadi tiga jenis dalam proses adsorpsi yaitu makropori, mesopori dan mikropori (Suhartana, 2007). Dari ketiga jenis tersebut, yang memegang peranan penting adalah mikropori karena volume total lubang mikropori jauh lebih besar daripada volume total makropori dan mesopori. Makropori dan mesopori hanya berfungsi sebagai transport pore (jalan menuju mikropori) (Danarto, 2008).

Tabel 1. Kegunaan Karbon Aktif

TUJUAN	PEMAKAIAN
I. Untuk Gas	
• Pemurnian gas	• Desulfurisasi, menghilangkan gas beracun, bau busuk, asap, menyerap racun
• Pengolahan LNG	• Desulfurisasi dan penyaringan berbagai bahan mentah dan reaksigas
• Katalisator	• Reaksi katalisator atau pengangkut vinilklorida, dan vinil acetat
• Lain – lain	• Menghilangkan bau dalam kamar pendingin dan mobil
II. Untuk Zat Cair	
• Industri obat dan makanan	• Menyaring dan menghilangkan warna, bau, rasa yang tidak enak pada makanan
• Minuman ringan, Minuman keras	• Menghilangkan warna, bau pada arak/ minuman keras dan minuman ringan
• Kimia perminyakan	• Penyulingan bahan mentah, zat perantara
• Pembersih air buangan	• Menyaring/menghilangkan bau, warna, zat pencemar dalam air
• Pembersih air	• Sebagai pelindung dan penukaran resin dalam alat/penyulingan air
• Penambakan udang dan benur	• Mengatur dan membersihkan air buangan dan pencemar, warna, bau, logam berat pemurnian, menghilangkan bau, dan warna
• Pelarut yang digunakan kembali	• Penarikan kembali berbagai pelarut, seperti metanol, etil acetat dan lain-lain
III. Lain-Lain	
• Pengolahan <i>pulp</i>	
• Pengolahan pupuk	• Pemurnian dan menghilangkan bau
• Penyaringan minyak makan dan glukosa	• Pemurnian
	• Menghilangkan bau, warna, dan rasa tidak enak

Sumber: PDII-LIPI, 1998

Karbon aktif juga memiliki kelebihan lain yakni mudah untuk dibuat, sebab Proses pembuatannya termasuk proses yang cukup sederhana. Ada dua bentuk karbon aktif yang diklasifikasikan sesuai dengan sifat dan kegunaannya:

a. Bentuk serbuk

Merupakan bubuk hitam yang biasanya digunakan untuk keperluan adsorpsi dalam fase liquid untuk proses pemurnian larutan.

b. Bentuk granulat / butiran

Tipe granulat tidak hanya efektif untuk proses adsorpsi gas tetapi juga efektif untuk adsorpsi fase liquid. (Kirk Othmer, 1992)

Dalam pembuatan karbon aktif, tidak hanya bahan bakunya saja yang perlu diperhatikan, juga proses aktivasinya. Proses aktivasi merupakan suatu perlakuan terhadap karbon agar karbon mengalami perubahan sifat, baik fisik maupun kimia, dimana luas permukaannya meningkat tajam akibat terjadinya penghilangan senyawa tar dan senyawa sisa-sisa pengarangan. Karbon aktif yang baik harus memenuhi standar yang telah ditentukan, yaitu seperti pada Tabel 2.2 di bawah ini.

Tabel 2. Standar Karbon Aktif

Jenis Persyaratan	Parameter
Kadar Air	Mak. 15 %
Kadar Abu	Mak. 10 %
Kadar Zat Menguap	Mak. 25 %
Kadar Karbon Terikat	Min. 65 %
Daya Serap Terhadap Yodium	Min. 750 mg/g
Daya Serap Terhadap Benzena	Min. 25 %

Sumber : SNI 06-3730-1995, (2015)

2.3 Proses pembuatan karbon aktif

Secara umum proses pembuatan karbon aktif dibagi menjadi tiga tahap, yaitu dehidrasi, karbonasi, dan aktivasi.

1. Dehidrasi

Dehidrasi adalah proses penghilangan air yang terdapat dalam bahan baku karbon aktif dengan tujuan untuk menyempurnakan proses

karbonasi dan dilakukan dengan cara menjemur bahan baku dibawah sinar matahari atau memanaskannya didalam oven (Putri dkk, 2019).

2. Karbonasi

Karbonisasi adalah proses yang penting dalam penelitian ini. Tujuannya adalah untuk mengubah bahan baku yang digunakan, yakni alang-alang, diubah menjadi karbon yang selanjutnya akan diaktifasi menjadi karbon aktif. Proses karbonisasi merupakan suatu proses pembakaran yang akan mengubah suatu material menjadi karbon. Karbonisasi akan menyebabkan terjadinya dekomposisi material organik bahan baku dan pengeluaran pengotor. Sebagian besar unsur non-karbon akan hilang pada tahap ini. Pelepasan unsur-unsur yang volatil ini akan membuat struktur pori-pori mulai terbentuk/pori-pori mulai terbuka. Seiring karbonisasi, struktur pori awal akan berubah. Karbonisasi dihentikan bila tidak mengeluarkan asap lagi.

Penambahan suhu memang diperlukan untuk mempercepat reaksi pembentukan pori. Namun, pembatasan suhu pun harus dilakukan. Suhu yang terlalu tinggi, seperti di atas 1000°C akan mengakibatkan banyaknya abu yang terbentuk sehingga dapat menutupi pori-pori dan membuat luas permukaan berkurang serta daya adsorpsinya menurun.

3. Aktivasi

Pada proses karbonisasi, daya adsorpsi karbon tergolong masih rendah karena masih terdapat residu yang menutupi permukaan pori dan pembentukan pori-pori belum sempurna. Maka dari itu, perlu dilakukan proses aktivasi untuk meningkatkan luas permukaan dan daya adsorpsi karbon aktif. Pada proses ini terjadi pelepasan hidrokarbon, tar, dan senyawa organik yang melekat pada karbon tersebut. Proses aktivasi terdapat 2 jenis yaitu aktivasi fisika dan aktivasi kimiawi.

a. Aktivasi Kimia

Aktivasi kimiawi biasanya digunakan untuk bahan baku mengandung ligno selulosa. Pada aktivasi ini, karbon dicampur dengan larutan kimia yang berperan sebagai *activating agent*. Salah satu jenis larutan kimia yang banyak dipakai sebagai *activating agent* dari

logam alkali adalah NaOH. NaOH akan bereaksi dengan karbon sehingga akan membentuk pori-pori baru serta menghasilkan karbon dioksida yang berdifusi ke permukaan karbon. Pori-pori yang terbentuk akan menghasilkan karbon aktif. NaOH juga mencegah pembentukan tar, asam asetat, metanol, dan lain-lain. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia, kadar air pada karbon aktif maksimal 15%, kadar abu maksimal 10% dan daya serap Iodin minimal 1750 mg/g (Putri dkk, 2019).

b. Aktivasi Fisika

Pada aktivasi secara fisika, karbon dipanaskan pada suhu sekitar 800–1000°C dan dialirkan gas pengoksidasi seperti uap air, oksigen, atau CO. Pada aktivasi fisika, terjadi pengurangan massa karbon dalam jumlah yang besar karena adanya pembentukan struktur karbon. Namun, pada aktivasi fisika sering kali terjadi kelebihan oksidasi eksternal sewaktu gas pengoksidasi berdifusi pada karbon sehingga terjadi pengurangan ukuran adsorben. Selain itu, reaksi sulit untuk dikontrol.

2.4 Adsorpsi

2.4.1 Pengertian Adsorpsi

Adsorpsi secara umum merupakan proses penggumpalan substansi terlarut yang ada dalam larutan oleh permukaan benda atau zat penyerap. Adsorpsi adalah masuknya bahan yang mengumpul dalam suatu zat padat. Keduanya sering muncul bersamaan dengan suatu proses maka ada yang menyebutnya sorpsi. Baik adsorpsi maupun absorpsi sebagai sorpsi terjadi pada tanah liat maupun padatan lainnya, namun unit operasinya dikenal sebagai adsorpsi (Giyatmi, 2008).

Adsorpsi adalah sebuah fenomena yang terjadi pada permukaan. Adsorpsi secara umum didefinisikan sebagai akumulasi sejumlah molekul, ion atau atom yang terjadi pada batas antara dua fasa. Adsorpsi menyangkut akumulasi atau pemusatan substansi adsorbat pada adsorben dan dalam hal ini dapat terjadi pada antar muka dua fasa. Fasa yang menyerap disebut adsorben dan fasa yang terserap disebut adsorbat. Kebanyakan adsorben adalah bahan-bahan yang memiliki pori

karena berlangsung terutama pada dinding-dinding pori atau letak-letak tertentu didalam adsorben. (*Alberty dan Daniel, 1987*)

Gaya tarik-menarik dari suatu padatan dibedakan menjadi dua jenis yaitu gaya fisika dan gaya kimia yang masing-masing menghasilkan adsorpsi fisika (*physisorption*) dan adsorpsi kimia (*chemisorption*). Adsorpsi fisika adalah proses interaksi antara adsorben dengan adsorbat yang melibatkan gaya-gaya antar molekul seperti gaya van der Waals, sedangkan adsorpsi kimia terjadi jika interaksi adsorben dan adsorbat melibatkan pembentukan ikatan kimia. Dalam proses adsorpsi melibatkan berbagai macam gaya yakni gaya van der Waals, gaya elektrostatik, ikatan hidrogen serta ikatan kovalen. (*Martell and Hancock, 1996*).

2.4.2 Jenis-jenis Adsorpsi

Adsorpsi ada dua jenis, yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia:

a. Adsorpsi fisika (*Physisorption*)

Terjadi karena gaya Van der Waals dimana ketika gaya tarik molekul antara larutan dan permukaan media lebih besar daripada gaya tarik substansi terlarut dan larutan, maka substansi terlarut akan diadsorpsi oleh permukaan media. *Physisorption* ini memiliki gaya tarik Van der Waals yang kekuatannya relatif kecil. Molekul terikat sangat lemah dan energi yang dilepaskan pada adsorpsi fisika relatif rendah sekitar 20 kJ/mol. Contoh: Adsorpsi oleh arang aktif. Aktivasi arang aktif pada temperatur yang tinggi akan menghasilkan struktur berpori dan luas permukaan adsorpsi yang besar. Semakin besar luas permukaan, maka semakin banyak substansi terlarut yang melekat pada permukaan media adsorpsi.

b. Adsorpsi Kimia (*Chemisorption*)

Chemisorption terjadi ketika terbentuknya ikatan kimia antara substansi terlarut dalam larutan dengan molekul dalam media. *Chemisorpsi* terjadi diawali dengan adsorpsi fisik, yaitu partikel-partikel adsorbat mendekat ke permukaan adsorben melalui gaya Van der Waals atau melalui ikatan hidrogen. Dalam adsorpsi kimia partikel melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia (biasanya ikatan kovalen), dan cenderung

mencari tempat yang memaksimumkan bilangan koordinasi dengan substrat. Contoh : *Ion exchange* (Atkin, 1999).

2.4.3 Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

Faktor yang mempengaruhi daya serap adsorpsi yaitu:

a. Waktu Kontak

Waktu kontak merupakan suatu hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Waktu kontak memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik.

b. Karakteristik Adsorben

Ukuran partikel merupakan syarat yang penting dari suatu arang aktif untuk digunakan sebagai adsorben. Ukuran partikel arang mempengaruhi kecepatan dimana adsorpsi terjadi. Kecepatan adsorpsi meningkat dengan menurunnya ukuran partikel.

c. Luas Permukaan

Semakin luas permukaan adsorben, semakin banyak adsorbat yang diserap, sehingga proses adsorpsi dapat semakin efektif. Semakin kecil ukuran diameter adsorben maka semakin luas permukaannya. Kapasitas adsorpsi total dari suatu adsorbat tergantung pada luas permukaan total adsorbennya.

d. Kelarutan Adsorbat

Agar adsorpsi dapat terjadi, suatu molekul harus terpisah dari larutan. Senyawa yang mudah larut mempunyai afinitas yang kuat untuk larutannya dan karenanya lebih sukar untuk teradsorpsi dibandingkan senyawa yang sukar larut. Akan tetapi ada pengecualian karena banyak senyawa yang dengan kelarutan rendah sukar diadsorpsi, sedangkan beberapa senyawa yang sangat mudah larut diadsorpsi dengan mudah.

e. Ukuran Molekul Adsorbat

Ukuran molekul adsorbat benar-benar penting dalam proses adsorpsi ketika molekul masuk ke dalam mikropori suatu partikel arang untuk diserap. Adsorpsi paling kuat ketika ukuran pori-pori adsorben cukup besar sehingga memungkinkan molekul adsorbat untuk masuk.

f. pH

pH pada proses adsorpsi terjadi menunjukkan pengaruh yang besar terhadap adsorpsi itu sendiri. Hal ini dikarenakan ion hidrogen sendiri diadsorpsi dengan kuat, sebagian karena pH mempengaruhi ionisasi dan karenanya juga mempengaruhi adsorpsi dari beberapa senyawa. Asam organik lebih mudah diadsorpsi pada pH rendah, sedangkan adsorpsi basa organik terjadi dengan mudah pada pH tinggi. pH optimum untuk kebanyakan proses adsorpsi harus ditentukan dengan uji laboratorium.

g. Temperatur

Temperatur pada proses adsorpsi akan mempengaruhi kecepatan dan jumlah adsorpsi yang terjadi. Kecepatan adsorpsi meningkat dengan meningkatnya temperatur, dan menurun dengan menurunnya temperatur.

2.5 Natrium Hidroksida (NaOH)



Gambar 3. Natrium Hidroksida

Sumber : Atminingtyas, 2018

Natrium hidroksida (NaOH), juga dikenal sebagai soda kaustik, soda api, atau sodium hidroksida, adalah sejenis basa logam kaustik. Natrium Hidroksida terbentuk dari oksida basa Natrium Oksida dilarutkan dalam air. Natrium hidroksida membentuk larutan alkalin yang kuat ketika dilarutkan ke dalam air. Ia digunakan di berbagai macam bidang industri, kebanyakan digunakan sebagai basa dalam proses produksi bubur kayu dan kertas, tekstil, air

minum, sabun dan deterjen. Natrium hidroksida adalah basa yang paling umum digunakan dalam laboratorium kimia.

Natrium hidroksida murni berbentuk putih padat dan tersedia dalam bentuk pelet, serpihan, butiran ataupun larutan jenuh 50% yang biasa disebut larutan Sorensen. Ia bersifat lembap cair dan secara spontan menyerap karbon dioksida dari udara bebas. Ia sangat larut dalam air dan akan melepaskan panas ketika dilarutkan, karena pada proses pelarutannya dalam air bereaksi secara eksotermis. Ia juga larut dalam etanol dan metanol, walaupun kelarutan NaOH dalam kedua cairan ini lebih kecil daripada kelarutan KOH. Ia tidak larut dalam dietil eter dan pelarut non-polar lainnya. Larutan natrium hidroksida akan meninggalkan noda kuning pada kain dan kertas. Adapun sifat fisik yang dimiliki oleh NaOH :

Rumus kimia	: NaOH
Massa molar	: 39,9971 g/mol
Penampilan	: zat padat putih
Densitas	: 2,1 g/cm ³ , padat
Titik lebur	: 318 °C (591 K)
Titik didih	: 1390 °C (1663 K)
Kelarutan dalam air	: 111 g/100 ml (20 °C)
Kebebasan (<i>p_{kb}</i>)	: -2,43
Bahaya	: Tidak mudah terbakar.

2.6 Kromium

Kromium adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Cr dan nomor atom 24. Ia adalah unsur pertama dalam golongan 6. Ia adalah logam berwarna abu-abu seperti baja, berkilau, keras dan rapuh yang memerlukan pemolesan tinggi, tahan pengusaman, dan memiliki titik lebur tinggi. Nama unsur ini diturunkan dari bahasa Yunani, *chrōma*, yang berarti warna, karena banyak senyawa kromium sangat berwarna.

Kromium termasuk dalam senyawa kulit berat yang dikenal memiliki daya racun yang tinggi. Ciri-ciri kromium diantaranya mempunyai; spesifikasi graviti yang sangat besar (lebih dari 4), mempunyai nomor atom 22-34, dan mempunyai

respon biokimia spesifik pada organisme hidup. Berbeda dengan kulit biasa, kulit berat biasanya menimbulkan efek-efek khusus pada makhluk hidup 1) Sebagai salah satu unsur logam berat, kromium mempunyai nomor atom (NA) 24 dan berat atom (BA) 51,996. Ion Cr pertama kali ditemukan oleh Vauquelin pada tahun 1797.

Paduan ferokromium diproduksi secara komersial dari kromit dengan cara silikotermal atau reaksi aluminotermal dan logam kromium melalui proses pemanggangan dan pelindian yang diikuti dengan reduksi menggunakan karbon dan kemudian aluminium.

Logam kromium bernilai tinggi karena ketahanannya yang tinggi terhadap korosi dan kekerasannya. Pengembangan utamanya adalah pengungkapan bahwa baja dapat dibuat sangat tahan korosi dan pengusaman dengan penambahan kromium logam untuk membentuk baja nirkarat. Baja nirkarat dan pelapisan krom (elektroplating dengan kromium) secara gabungan adalah 85% dari penggunaan komersial.

Ion kromium trivalen (Cr(III)) dalam jumlah renik adalah nutrisi esensial pada manusia untuk metabolisme insulin, gula dan lipida, meskipun persoalan ini masih diperdebatkan.

Sementara logam kromium dan ion Cr(III) dianggap tidak beracun, kromium heksavalen (Cr(VI)) bersifat toksik dan karsinogenik. Situs produksi kromium yang sudah tidak terpakai sering memerlukan pembersihan lingkungan.

2.6.1. Sifat-Sifat Kromium

Menurut Sugihartono (2016) dalam Perdana dkk. (2013) menjelaskan bahwa logam kromium adalah salah satu logam berat yang bersifat toksik dimana toksisitasnya tergantung pada valensi ionnya, dan toksisitas Cr+6 \pm 100 kali toksisitas Cr+3. Cr+6 juga memiliki sifat karsinogenik dan korosif. Tubuh manusia memerlukan Cr+3 sebagai nutrisi sekitar 50 - 200 μ g/ hari tetapi dikhawatirkan pada lingkungan basa dan terdapatnya oksidator tertentu atau kondisi tertentu yang memungkinkan ion Cr+3 dapat mengalami oksidasi menjadi Cr+6 (Vaskova dkk., 2013).

Kromium mempunyai konfigurasi elektron $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 4s^2,$ dan $3d^4$, sangat keras, mempunyai titik leleh dan didih tinggi di atas titik leleh dan titik didih unsur-unsur transisi deretan pertama lainnya. Bilangan oksidasi yang terpenting adalah +2, +3, dan +6, disebut terpenting karena reaksi dan senyawa kromium yang sering ditemukan hanya menyangkut kromium dengan bilangan oksidasi +2, +3, dan +6. Bilangan oksidasi +2, +3, dan +6 adalah bilangan yang menyatakan sifat muatan spesi tersebut ketika terbentuk dari atom-atomnya yang netral. Jika di dalam keadaan murni melarut dengan lambat sekali dalam asam encer membentuk garam kromium (II) 9). Berikut penjelasan mengenai kromium berdasarkan perbedaan bilangan oksidasinya:

a. Kromium (+2)

Logam kromium biasanya melarut dalam asam klorida atau asam sulfat yang membentuk larutan $(Cr(H_2O)_6)^{2+}$ dengan warna larutan biru langit. Di dalam larutan air ion Cr^{2+} merupakan reduktor yang kuat dan mudah dioksidasi di udara menjadi senyawa Cr^{3+} . Ion Cr^{2+} dapat juga bereaksi dengan H^+ dan dengan air jika terdapat katalis berupa serbuk logam.

b. Kromium (+3)

Senyawa kromium $3+$ adalah ion yang paling stabil diantara kation logam transisi yang mempunyai bilangan oksidasi +3. Kompleks Cr^{3+} umumnya berwarna hijau dan dapat berupa kompleks anion atau kation. Larutan yang mengandung Cr^{3+} ($Cr(H_2O)_6$) $^{3+}$ berwarna ungu, apabila dipanaskan menjadi hijau.

c. Kromium (+6)

Kromium (VI) oksida (CrO_3) bersifat asam sehingga dapat bereaksi dengan basa membentuk kromat. Jika larutan ion kromat diasamkan akan dihasilkan ion dikromat yang berwarna jingga. Dalam larutan asam, ion kromat atau ion dikromat adalah oksidator kuat.

Sesuai dengan tingkat valensi yang dimilikinya ion-ion kromium yang telah membentuk senyawa mempunyai sifat yang berbeda-beda sesuai dengan tingkat ionitasnya. Senyawa yang terbentuk dari ion Cr^{2+} akan

bersifat basa, ion Cr^{3+} bersifat ampoter, dan senyawa yang terbentuk dari ion Cr^{6+} bersifat asam)

Cr^{3+} dapat mengendap dalam bentuk hidroksida. Kromium hidroksida ini tidak larut, kondisi optimal Cr^{3+} dicapai dalam air dengan pH antara 8,5 – 9,5. Kromium hidroksida ini melarut akan lebih tinggi apabila kondisi pH rendah atau asam. Cr^{6+} sulit mengendap, sehingga dalam penanganannya memerlukan zat pereduksi untuk mereduksi menjadi Cr^{3+} 1).

Senyawa kromium umumnya dapat berbentuk padatan (kristal CrO_3 , Cr_2O_3) larutan dan gas (uap dikromat). Kromium dalam larutan biasanya berbentuk trivalen (Cr^{3+}) dan ion heksavalen (Cr^{6+}). Dalam larutan yang bersifat basa dengan pH 8 sampai 10 terjadi pengendapan Cr dalam bentuk $\text{Cr}(\text{OH})_3$. Sebenarnya kromium dalam bentuk ion trivalen tidak begitu berbahaya dibandingkan dengan bentuk heksavalen, akan tetapi apabila bertemu dengan oksidator dan kondisinya memungkinkan untuk Cr^{3+} tersebut akan berubah menjadi sama bahayanya dengan Cr^{6+} 8).

2.7 Limbah Kromium

Pencemaran logam dapat terjadi di tanah, udara, dan perairan. Pada perairan pencemaran logam dapat terjadi karena adanya kegiatan industri, kegiatan domestik, maupun sumber alami dari batuan akhirnya sampai ke sungai/laut dan selanjutnya mencemari manusia melalui ikan, air minum, atau air sumber irigasi lahan pertanian sehingga tanaman sebagai sumber pangan manusia tercemar oleh logam. Pencemaran logam berat cenderung meningkat sejalan dengan meningkatnya proses industrialisasi. Pencemaran logam berat dalam lingkungan (perairan, tanah, udara) bisa menimbulkan bahaya bagi kesehatan. Karena itu pencemaran logam berat dalam lingkungan (perairan, tanah, udara) perlu diperhatikan secara serius mengingat bahaya yang ditimbulkan terhadap kesehatan manusia maupun bagi keseimbangan lingkungan hidup

Cr termasuk dalam jenis logam berat tidak esensial, yakni logam yang keberadaannya dalam tubuh manusia masih belum diketahui manfaatnya, bahkan bersifat toksik. Industri yang banyak mengeluarkan limbah Kromium yaitu industri tekstil. Dalam proses produksinya industri tekstil dapat menghasilkan limbah

padat, cair, gas, maupun kebisingan. Limbah padat industri tekstil adalah berupa sisa serat, benang, kain, bahan bungkus seperti plastik, kertas, dan limbah padat yang berasal dari IPAL. Limbah padat dari IPAL adalah lumpur dari pengendapan awal, dan pengendapan kimia dengan proses koagulasi, selain itu juga dari pengolahan biologi. Lumpur yang berasal proses pengendapan kimia dimasukkan pada limbah B3. (PP No.18 dan 85 tahun 1999 tentang Pengolahan Limbah B3) Industri pemintalan yang mengolah serat menjadi benang termasuk proses kering dalam industri tekstil.

Dalam industri tekstil, proses yang banyak menghasilkan limbah cair yang mengandung Kromium (Cr). Proses finishing/ penyempurnaan pada industri tekstil, merupakan proses basah karena banyak menggunakan bahan kimia dan air. Bahan bakunya adalah kain tenun dan produk akhirnya kain jadi. Sehingga proses finishing ini banyak dikeluarkan limbah cair. Berikut tabel baku mutu limbah cair untuk industri tekstil.

Tabel 3. Baku Mutu Air Limbah Industri Tekstil

No	Parameter	Kadar Paling Tinggi (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Tinggi (kg/ton)
1	BOD ₅	60	6
2	COD	150	15
3	TTS	50	5
4	Fenol Total	0,5	0,05
5	Krom Total (Cr)	1,0	0,1
6	Amonia Total (NH ₃ ⁻ N)	8,0	0,8
7	Sulfida (sebagai S)	0,3	0,03
8	Minyak dan Lemak	3,0	0,3
9	pH	6,0 – 9,0	6,0 – 9,0
10	Debit Limbah Paling Tinggi	100 m ³ /ton produk tekstil	100 m ³ /ton produk tekstil

Sumber :PermenLHK P.16/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019

Adapun bahaya yang dapat ditimbulkan dari limbah kromium, yaitu :

1. Efek Klinis

Efek dari chromium terhadap kesehatan yakni bisa mengalami gangguan pernapasan dan juga mengganggu alat pencernaan. Chromium (Vi) dikenal untuk menyebabkan berbagai kesehatan mempengaruhi. Ketika chromium

merupakan suatu campuran di dalam produk kulit, itu dapat menyebabkan reaksi alergi, seperti ruam kulit. Permasalahan kesehatan lain yang adalah disebabkan oleh chromium (VI) adalah ruam kulit, gangguan pencernaan, masalah pernapasan, kanker paru – paru, dan lain sebagainya

2. Keracunan Akut

- Bila terhirup / inhalasi

Bila debu atau uap kromium terhirup pada konsentrasi tinggi dapat menyebabkan iritasi.

- Bila kontak dengan kulit

Kontak langsung dengan debu atau serbuk kromium dapat menyebabkan iritasi pada kulit.

- Bila kontak dengan mata

Kontak langsung dengan debu atau serbuk kromium dapat menyebabkan iritasi pada mata.

- Bila tertelan

Logam kromium sangat sulit diabsorpsi melalui saluran pencernaan. Absorpsi dalam jumlah yang cukup dari beberapa senyawa kromium dapat menyebabkan pusing, haus berat, sakit perut, muntah, syok, oliguria atau anuria dan uremia yang mungkin bisa fatal.

3. Keracunan Kronis

- Bila terhirup / inhalasi

Paparan berulang dalam jangka waktu yang lama dari beberapa senyawa kromium dilaporkan menyebabkan borok (ulcerasi) dan berlobang (perforasi) pada nasal septum, iritasi pada tenggorokan dan saluran pernafasan bagian bawah, gangguan pada saluran pencernaan, tapi hal ini jarang terjadi, gangguan pada darah, sensitisasi paru, pneumoconiosis atau fibrosis paru dan efek pada hati hal ini jarang terjadi. Pada hakekatnya efek ini belum pernah dilaporkan terjadi akibat paparan logam

- Bila kontak dengan kulit.

Paparan berulang dalam jangka waktu yang lama dari beberapa senyawa kromium dilaporkan menyebabkan berbagai tipe dermatitis, termasuk eksim

“Chrome holes” sensitisasi dan kerusakan kulit dan ginjal. Pada hakekatnya efek ini belum pernah dilaporkan akibat paparan logam.

- Bila kontak dengan mata

Paparan berulang dalam jangka waktu yang lama untuk beberapa senyawa krom dapat menyebabkan radang selaput mata (konjungtivities) dan lakrimasi. Pada hakekatnya efek ini belum pernah dilaporkan akibat paparan logam

2.8 Karbon aktif penyerapan Cr

Penurunan kandungan logam berat Cr dapat ditentukan dengan kemampuan adsorben untuk menyerap logam berat tersebut dalam limbah. Semakin tinggi tingkat penyerapannya maka semakin besar pula kandungan logam berat yang turun. Hal ini disebabkan oleh semakin banyaknya unsur silika yang terdapat pada adsorben. Sehingga dapat bekerja dengan maksimal dan efektif dalam penyerapan logam berat dalam limbah cair.

Pengurangan limbah ion logam Cr telah dilakukan oleh banyak peneliti diantaranya penyerapan ion logam Cr dengan menggunakan karbon aktif dari sabut kelapa dan aktivasi kimia menggunakan KOH (Chaudhuri dan Azizan 2012).

Pengurangan ion logam Cr dengan menggunakan karbon aktif kulit kacang dan aktivasi kimia menggunakan KOH (Al-Othman dkk, 2011). Pada penelitian ini akan digunakan limbah ion logam Cr yang berasal dari sungai dan menggunakan karbon aktif dari alang-alang dan aktivasi kimia menggunakan NaOH.