

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pisang

Pisang merupakan tumbuhan monokotil asli daerah tropis Indonesia, Malaysia, Asia dan Australia. Spesies musa adalah pantropis. Tanaman pisang juga dapat ditanam di daerah beriklim sedang, tetapi biasanya tidak dapat menghasilkan buah karena keterbatasan berupa suhu dingin. Kisaran ketinggian di mana tanaman pisang umumnya dapat ditemukan rentangnya adalah 0-920 m atau lebih, tergantung pada garis lintang. Curah hujan minimum untuk pertumbuhan tanaman pisang tergantung pada jenis tanah, lokasi penanaman, paparan sinar matahari, dan varietas. Untuk sebagian besar wilayah, pisang didistribusikan pada musim hujan dan kemarau biasanya normal. Tanaman pisang memiliki variasi suhu terbaik untuk pertumbuhan, yaitu 26-28 °C. Pisang tumbuh secara vegetatif dan berbuah pada suhu 29-30°C (Dwivanny dkk., 2020).

Daun tanaman pisang terdiri dari tangkai daun, pelepah, dan helaian. Pangkal batang melebar membentuk pelepah. Selubung yang terbungkus rapat membentuk batang semu, yang merupakan batang semu sebagai tanaman. Pisang Indonesia memiliki tinggi yang bervariasi, tergantung pada varietas dan kondisi tumbuh. Buah-buahan bervariasi dalam ukuran dan warna, tetapi umumnya memiliki bentuk memanjang dan melengkung, ditutupi dengan daging kulit. Kulitnya memiliki berbagai variasi warna seperti hijau, kuning, merah, atau oranye saat matang (Dwivanny dkk., 2020).

Batang sejati tanaman ini berupa rimpang berbonggol, yang biasa dikenal dengan bonggol pisang. Tunas pisang dari akar primer tidak bertahan lama. Setelah akar mati, fungsinya digantikan oleh sistem akar adventif. Akar primer pada awalnya berwarna putih, tapi kemudian berubah menjadi coklat dan berlendir. Akar tersebut akan berkembang sistem akar sekunder dan tersier lateral. Rambut akar yang diproduksi dibelakang ujung akar primer dan lateral yang berfungsi untuk menyerap sebagian besar air dan mineral tanaman. Distribusi akar dapat dipengaruhi oleh jenis tanah, pemadatan dan drainase (Dwivanny dkk., 2020).

Klasifikasi tanaman pisang adalah:

Divisi : *Spermatophyta*

Sub Divisi : *Angiospermae*

Kelas : *Monocotyledonae*

Famili : *Musaceae*

Genus : *Musa*

Spesies : *Musa paradisiaca*

Berbagai jenis pisang yang ditanam di Indonesia yaitu pisang kepok, pisang gembor, pisang ambon, pisang lilin, pisang tanduk, pisang udang, pisang puri ayu, pisang raja, pisang susu, pisang mas, pisang cavendish, pisang nangka dan lainnya.

2.2 Morfologi Pisang

a. Bonggol

Batang pisang menggelembung berbentuk umbi atau dikenal masyarakat sebagai bonggol. Tunas lateral (pengisap) tumbuh dari tunas pada bonggol, yang kemudian tumbuh menjadi tanaman pisang. Beberapa tunas yang tumbuh di tepi bonggol disebut juga anakan, bibit tanaman pisang (Nuraidah, 2020).



Gambar 2.1 Bonggol Pisang (Nuraidah, 2020)

b. Batang Pisang

Batang yang sebenarnya disebut umbi atau rimpang. Sedangkan batang semu (palsu) sering dianggap batang asli. Batang semu berwarna hijau, tidak bercabang, tingginya 6 hingga 7,5 m. Pseudostem terbentuk dari pelepah daun (leaf sheath) yang saling tumpang tindih yang tumbuh dari batang bawah tanah hingga ketebalan 20-50 cm (Nuraidah, 2020).



Gambar 2.2 Batang Pisang (Nuraidah, 2020)

c. Daun Pisang

Daun tanaman ini tergolong daun utuh. Pada daun dewasa, terdiri dari pelepah, tangkai daun, dan helaian. Daun pisang memiliki bentuk memanjang. Permukaan dan bagian bawah daun dilapisi dengan lilin sehingga daun tidak mudah basah oleh tetesan air, tetapi mudah patah oleh angin (Nuraidah, 2020).



Gambar 2.3 Daun Pisang (Nuraidah, 2020)

d. Buah Pisang

Bentuk dari buah pisang bermacam-macam. Ada yang berbentuk lurus, lurus pada bagian distalnya, berliku, berbentuk S, dan bentuk lainnya. Jumlah jari buah pisang persisirnya ada yang berjumlah kurang dari 12, 13-16, dan ada pula yang berjumlah lebih dari 17. Untuk ukuran panjang buahnya, ada yang berukuran kurang dari 15cm, 16-20cm, 21-25cm, 26-30cm, dan lebih dari 31cm (Dwivanny dkk., 2020).



Gambar 2.4 Buah Pisang (Poerba dkk., 2018)

2.3 Jenis-jenis Pisang

Jenis-jenis pisang terdapat 3 golongan yaitu:

1. *Musa acuminata*

Jenis tanaman pisang yang dimasukkan kelompok *Musa acuminata* memiliki ciri-ciri umum seperti mudah diidentifikasi, yaitu buah yang tidak berbiji, batang semu memiliki banyak bintik coklat yang lebar atau hitam, dengan pelepah terbuka, tangkai daun ditutupi dengan lapisan lilin, tangkai buah kelopaknya pendek dan melengkung ke arah bahu setelah dibuka, bentuk kelopaknya lancip seperti tombak, bunga jantan berwarna krem. Kode *Musa acuminata* atau kode AA, dan untuk AAA yang dikodekan triploid. Contoh varietas pisang yang termasuk dalam kelompok pisang ini adalah pisang Ambon (AAA), Barangan (AAA) dan Mas (AA). Ada banyak jenis pisang liar *Musa acuminatae* buahnya mengandung biji hitam, misalnya *Musa acuminata* ssp (Suhardiman, 1997).

2. *Musa balbisiana*

Jenis tanaman pisang yang dimasukkan kelompok *Musa balbisiana* memiliki ciri yang mudah untuk mengidentifikasi dengan banyak biji di dalamnya buah, banyak berbintik-bintik pada batang semu jarang dan tidak terlihat jelas, pelepah daun tertutup, tangkai buah panjang, berbentuk daun bunga bulat agak meruncing dengan ujung kelopak bulat, kelopak tidak bengkok kembali setelah pembukaan, bunga jantan bersemu berwarna pink bervariasi, tangkai buah tidak berbulu. Contoh yang sangat populer di masyarakat adalah pisang Kluthuk. *Musa balbisiana* dikodekan oleh genom B, dan BBB dibagi menjadi BB diploid, BBBB triploid dan BBBB tetraploid (Suhardiman, 1997).

3. Persilangan *Musa acuminata* dengan *Musa balbisiana*

Hasil hibridisasi (persilangan) alami dan buatan kedua pisang ini memiliki karakteristik yang sama kombinasi *Musa acuminatae* dan *Musa balbisiana* atau bisa juga disebut *Musa paradisiaca*. Ciri-ciri pisang silang ini yang sederhana dari *Musa paradisiaca* yaitu terdapat *Musa acuminata* dan *Musa balbisiana*. Kelompok pisang jenis ini biasanya digunakan sebagai pisang olahan dan

pisang konsumsi. Variasi Pisang yang bisa dikonsumsi seperti pisang Raja Sere (AAB), sedangkan termasuk pisang olahan, seperti pisang Nangka (AAB), Kepok (AAB) (Suhardiman, 1997).

2.4 Batang Pisang Kepok

Indonesia merupakan salah satu produsen pisang terbesar di dunia. Tanaman pisang merupakan bahan alam yang murah, mudah didapat, dan terbarukan. Bagian tanaman pisang yang banyak dimanfaatkan oleh masyarakat adalah pisang dan daun pisang. Bagian lain dari tanaman pisang, seperti batang pisang, jarang dimanfaatkan oleh masyarakat. Batang pisang kepok jarang dimanfaatkan limbah pertaniannya. Bahan baku batang pisang kepok sudah tersedia. Oleh karena itu, penggunaan batang pisang kepok ini sebagai adsorben untuk logam Fe dan menjadikan batang pisang kepok ini lebih bermanfaat dan bernilai ekonomis (Elfia, 2019).

Karakteristik morfologi pisang kepok yaitu:

1. Pohon dengan tinggi 3 m, berwarna hijau dengan sedikit atau tanpa coklat kehitaman, dan lingkaran batang pohon 40-50 cm.
2. Daun pisang dengan panjang 180 cm, berlapis lilin pada permukaan sebelah bawah, dan lebar daun 50-60 cm.
3. Tandan buah mencapai panjang 30-60 cm merunduk, dan tidak berbulu halus.
4. Jantung pisang bentuknya bulat telur, sedikit melebar, sebelah dalam berwarna merah, dan kelopak luar berwarna ungu.
5. Buah dalam tanda mempunyai 5-9 sisir, tiap sisir berjumlah 10-14 buah, berpenampang segi tiga atau segi empat atau bulat.
6. Daging buah pisang berwarna putih kekuningan dengan rasa lunak dan bertekstur agak berkapur (Rai dkk., 2018).

Batang pisang memiliki kandungan protein kasar 4,81%, lemak kasar 14,23%, nitrogen 30,11%, abu 23,12%, serat kasar 27,73% (Ashari dan Sitorus dkk., 2021). Batang pisang juga memiliki kandungan selulosa 64%, hemiselulosa 19%, lignin 5%, dan kadar air 11% (Deepa dkk., 2011). Pemilihan Batang pisang kepok sebagai adsorben Fe karena kandungan selulosanya yang tinggi daripada jenis batang pisang lainnya seperti batang pisang ambon, batang pisang raja.

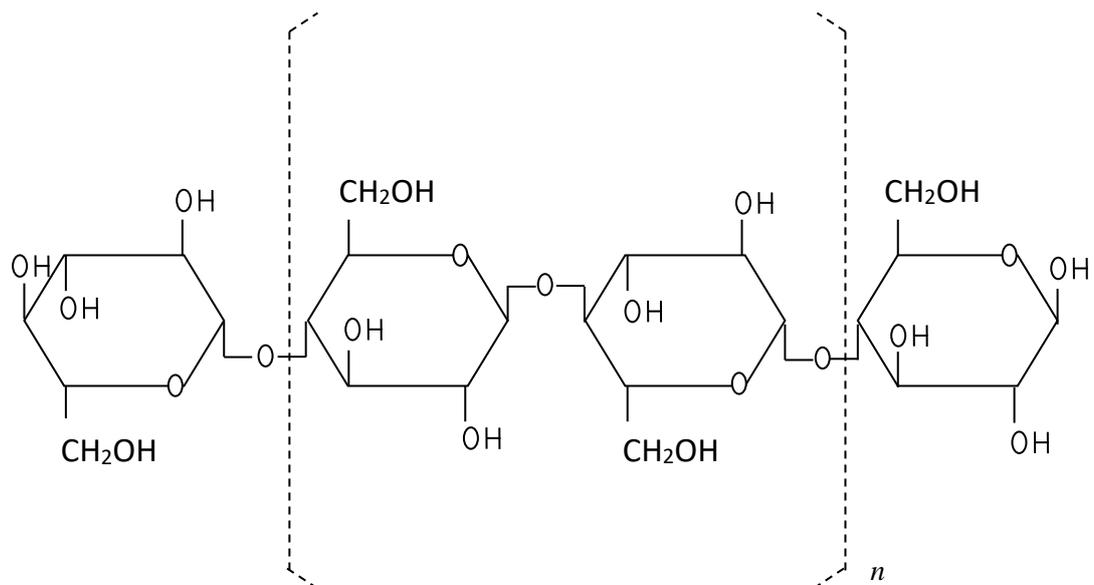
Komposisi selulosa dari batang pisang kepok, batang pisang ambon, dan batang pisang raja dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Komposisi Selulosa Pada Batang Pisang Kepok, Ambon, dan Raja

Komposisi	Jenis Batang Pisang	Persentase	Sumber
Selulosa	Batang Pisang Kepok	64%	Deepa dkk., 2011
	Batang Pisang Ambon	10%	Astuti, 2017
	Batang Pisang Raja	46%	Venkateshwaran, 2010

Selulosa adalah senyawa organik yang terdapat pada dinding sel bersama lignin yang berperan dalam mengokohkan struktur tumbuhan (Tarigan, 2018). Selulosa mempunyai potensi untuk dijadikan sebagai karbon aktif. Selulosa memiliki kemampuan yang cukup baik untuk adsorben karena gugus OH yang terikat pada selulosa ketika dipanaskan sampai suhu tinggi kehilangan atom hidrogen dan oksigen dan hanya tersisa atom karbon (Suziyana dkk., 2017).

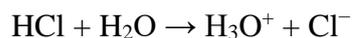
Mekanisme yang terjadi antara gugus OH yang terikat pada permukaan ion logam bermuatan positif (kation) dikenal juga sebagai mekanisme pertukaran ion. Muatan negatif pada selulosa bergabung dengan ion positif logam yang terkandung dalam air, yang dapat mengikat unsur-unsur kontaminan di dalam air (Hakim dkk., 2016). Struktur molekul selulosa dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Struktur Molekul Selulosa (Rowe dkk., 2006)

2.5 Asam Klorida (HCl)

Hidrogen klorida (HCl) adalah asam monoprotik, yang berarti hanya dapat berdisosiasi (terionisasi) untuk melepaskan satu H^+ (proton tunggal) sekali. Asam klorida merupakan asam monoprotik yang sukar mengalami reaksi redoks. Asam klorida mengandung ion klorida yang tidak reaktif dan tidak beracun. Dalam larutan asam klorida, H^+ ini bergabung dengan molekul air untuk membentuk ion hidronium H_3O^+ (Muharrom, 2018).



Ion lain yang terbentuk adalah ion klorida, Cl^- . Jadi, asam klorida dapat digunakan untuk membuat garam klorida seperti natrium klorida. Asam klorida adalah asam kuat karena terdisosiasi sempurna dalam air. Asam monoprotik memiliki konstanta disosiasi asam, K_a , yang menunjukkan seberapa banyak suatu zat terdisosiasi dalam air. Untuk asam kuat seperti HCl, nilai K_a adalah 104 (Muharrom, 2018).

Asam klorida adalah reagen pengasaman yang sangat baik. Asam klorida adalah asam pilihan untuk menentukan jumlah basa dalam titrasi. Asam klorida konsentrasi sedang memiliki sifat penyimpanan yang stabil dan mempertahankan konsentrasinya secara terus menerus. Asam klorida azeotropik ($\pm 20,2\%$) dapat digunakan sebagai standar utama untuk analisis kuantitatif. Asam klorida sering digunakan dalam analisis kimia untuk mereaksikan sampel yang dianalisis. Asam klorida pekat melarutkan banyak logam dan menghasilkan klorida logam dan hidrogen. Ini juga bereaksi dengan senyawa dasar seperti kalsium karbonat dan tembaga (II) oksida untuk menghasilkan klorida terlarut yang dapat dianalisis (Muharrom, 2018).

Asam klorida dapat digunakan sebagai zat aktivator dalam pembuatan karbon aktif dapat menyebabkan pori-pori arang aktif terbuka dan daya serap karbon aktif semakin besar. Aktivator HCl sangat baik dalam dekomposisi bahan selulosa seperti batang pisang kepek, hal ini dikarenakan aktivator asam lebih reaktif dengan bahan lignoselulosa karena bahan lignoselulosa dengan kandungan oksigen yang tinggi dan aktivator asam dapat bereaksi dengan gugus fungsi yang mengandung oksigen.

Sifat fisik asam klorida ditunjukkan pada Tabel 2.2, seperti titik didih, titik

leleh, massa jenis, dan pH, tergantung pada konsentrasi atau molaritas HCl dalam larutan asam. Sifat-sifat ini berkisar dari larutan dengan konsentrasi HCl mendekati 0% hingga 40% HCl dalam asam klorida berasap (Muharrom, 2018).

Tabel 2.2 Sifat-sifat Fisika Asam Klorida

Konsentrasi		Massa Jenis	Molaritas	Kapasitas Kalor Jenis	Titik Didih	Titik Leleh
kg HCl/kg	kg HCl/m ³	Kg/l	Mol/dm ³	kJ/(kgK)	°C	°C
10%	104,80	1,048	2,87	3,47	103	-18
20%	219,60	1,098	6,02	2,99	108	-59
30%	344,70	1,149	9,45	2,60	90	-52
32%	370,88	1,159	10,17	2,55	84	-43
34%	397,46	1,169	10,90	2,50	71	-36
36%	424,44	1,179	11,64	2,46	61	-30
38%	451,82	1,189	12,39	2,43	48	-26

(Muharrom, 2018)

Sifat-sifat kimia asam klorida (Greenwood dkk, 1997):

- Bersifat volatil (mudah menguap).
- Merupakan asam kuat.
- Berasap di udara karena mudah mengembun bersama dengan uap air.
- Dapat teroksidasi oleh oksidator kuat (MnO₂, KMnO₄, atau K₂Cr₂O₇).
- Larut dalam air.
- Bereaksi dengan air yang merupakan reaksi eksoterm.
- Pada konsentrasi tinggi sangat korosif dan mudah melarutkan zat organik.

Kegunaan asam klorida dalam kehidupan sehari-hari:

1. HCl merupakan bahan baku pembuatan besi (III) klorida (FeCl₃) dan *polyaluminium chloride* (PAC), yaitu bahan kimia yang digunakan sebagai bahan baku koagulan dan flokulan. Koagulan dan flokulan digunakan pada pengolahan air.
2. Sebagai bahan baku pembuatan vinyl klorida, yaitu monomer untuk pembuatan plastik *polyvinyl chloride* atau PVC.
3. Asam klorida digunakan untuk menghilangkan karat atau kerak besi oksida dari besi atau baja pada industri logam.

4. Asam klorida dimanfaatkan pula untuk mengatur pH (keasaman) air limbah cair industri, sebelum dibuang ke badan air penerima.
5. HCl digunakan pada proses produksi gelatin dan bahan aditif pada makanan.
6. Di laboratorium, asam klorida biasa digunakan untuk titrasi penentuan kadar basa dalam sebuah larutan.
7. Asam klorida juga berguna sebagai bahan pembuatan cairan pembersih porselen.
8. HCl digunakan pula dalam proses regenerasi resin penukar kation (*cation exchange resin*).
9. Kegunaan-kegunaan lain dari asam klorida diantaranya adalah pada proses produksi baterai, kembang api dan lampu blitz kamera.
10. Campuran asam klorida dan asam nitrat (HNO_3) atau biasa disebut dengan aqua regia, adalah campuran untuk melarutkan emas.

2.6 Karbon Aktif

2.6.1 Pengertian Karbon Aktif

Karbon aktif adalah karbon amorf berbentuk granular atau serbuk yang sudah diaktifkan sebagai akibatnya mempunyai pori-pori yg terbuka dengan daya serap lebih besar dibandingkan menggunakan karbon biasa. Komponen primer yg bisa dipakai menjadi karbon aktif berupa material organik menggunakan kandungan karbon yang tinggi misalnya batubara, tempurung kelapa, tempurung kelapa sawit, limbah pinus, dan limbah kayu (Haryati dkk., 2017). SNI 06-3730-1995 arang aktif teknis merupakan arang yang sudah diaktifkan sehingga memiliki energi serap yang besar terhadap warna, bau, zat-zat beracun serta zat kimia yang lain yang tidak digunakan buat bahan baku obat. Arang aktif diperoleh lewat pembakaran, pembakaran sebagian, ataupun dekomposisi termal pada bermacam bahan karbon. Arang aktif ada dalam wujud granular serta powder. Wujud granular mempunyai luas permukaan internal yang besar serta pori-pori kecil, wujud powder mempunyai diameter pori lebih besar serta luas permukaan internal lebih kecil (Udyani dkk., 2019).

Lembaran dan serat arang aktif mempunyai luas area yang besar dan memiliki jumlah pori besar lebih banyak. Pori-pori pada arang aktif dipecah jadi 3

kelompok yaitu mikropori dengan diameter kurang dari 2 nm, mesopori dengan diameter antara 2 nm hingga 50 nm, serta makropori dengan diameter lebih dari 50 nm. Mikropori memastikan hingga tingkatan tertentu kapasitas adsorpsi dari arang aktif (Udyani dkk., 2019).

Karbon aktif terdiri dari 87-97% karbon dan sisanya berupa hidrogen, oksigen, sulfur dan nitrogen serta senyawa-senyawa lain yg dari menurut bahan standar atau terbentuk selama proses pembuatan. Volume pori-pori karbon aktif umumnya lebih besar yaitu 0,2 cm³/gr menggunakan luas bagian atas lebih besar 500 m²/gr dan bisa mencapai 2000 m²/gr. Pada proses pengolahan air, karbon aktif berperan menjadi adsorben pengilang bau, warna dan rasa yang ditimbulkan oleh bahan organik yang terdapat pada air (Haryati dkk., 2017).

Kontaminan pada air terserap dampak adanya tarikan dari bagian atas karbon aktif lebih bertenaga dibandingkan menggunakan daya tarik pada larutan. Senyawa-senyawa yang mudah terserap umumnya mempunyai nilai kelarutan yang lebih rendah dari karbon aktif. Kontaminan bisa masuk ke dalam pori karbon aktif dan terakumulasi didalamnya jika kontaminan tersebut larut pada air dan ukuran porinya yang lebih kecil dibandingkan dengan pori-pori karbon aktif (Haryati dkk., 2017). Pengujian mutu arang aktif bertujuan untuk mengetahui kemampuan arang aktif agar berfungsi dengan baik. Pengujian arang aktif meliputi:

1. Penentuan kadar air
2. Penentuan kadar abu
3. Penentuan kadar zat menguap
4. Penentuan kadar karbon terikat
5. Daya serap iodin
6. Daya serap logam besi

2.6.2 Jenis-jenis Karbon Aktif

1. Bentuk Serbuk

Karbon aktif berupa serbuk dengan dimensi lebih kecil dari 0,18 milimeter. Digunakan dalam aplikasi fasa cair dan gas.



Gambar 2.6 Karbon Aktif Bentuk Serbuk (Ibrahim dkk., 2014)

2. Bentuk Granular

Karbon aktif dengan bentuk granular dengan ukuran 0,2-0,5 mm. Digunakan dalam aplikasi fasa cair dan gas.



Gambar 2.7 Karbon Aktif Bentuk Granular (Ibrahim dkk., 2014)

3. Bentuk Pellet

Karbon aktif berupa pellet dengan diameter 0,8-5 milimeter. Kegunaan utamanya merupakan buat aplikasi fasa gas sebab memiliki tekanan rendah, kekuatan mekanik besar serta kandungan abu rendah.



Gambar 2.8 Karbon Aktif Bentuk Pellet (Ibrahim dkk., 2014)

2.6.3 Karakteristik Karbon Aktif

Pembuatan arang aktif dapat disesuaikan oleh produsen pembentuk arang aktif tersebut, mulai dari bahan pembuatan, metode karbonisasi, metode aktivasi, zat aktivasi, konsentrasi aktivator serta tujuan dibuatnya arang aktif tersebut.

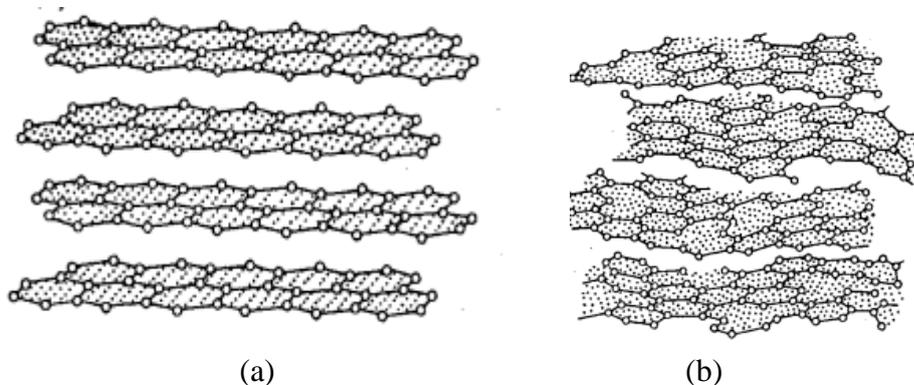
Kualitas dari karbon aktif serta membuat performanya optimal, sudah terbuat standar-standar kualitas dari karbon aktif itu sendiri. Indonesia telah mempunyai kualitas standar buat karbon aktif sendiri yaitu SNI 06-3730-1995. Banyak lembaga ataupun industri yang memakai persyaratan kualitas mereka sendiri yang disesuaikan dengan kebutuhan masing-masing (Uriya, 2019).

Tabel 2.3 Persyaratan Arang Aktif Menurut SNI No.06-3730-1995

Parameter Mutu (%)	Standar Mutu Serbuk
Kadar Air	$\leq 15 \%$
Kadar Abu	$\leq 10 \%$
Kadar Zat Menguap	$\leq 25 \%$
Kadar Karbon Terikat	$\geq 65 \%$
Daya Serap terhadap Yodium	$\geq 750 \text{ mg/g}$

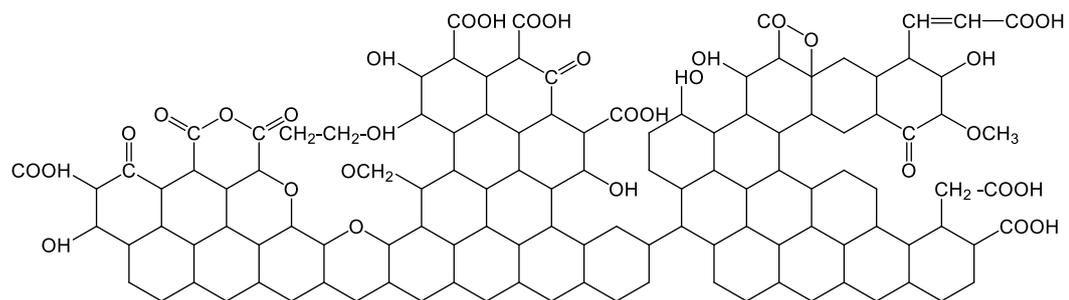
2.6.4 Struktur Karbon Aktif

Karbon aktif tersusun dari kristalin yang sangat kecil disebut mikrokristalin dengan struktur grafit. Karbon aktif berbentuk amorf di mana atom karbon tersusun dan terikat dalam ikatan kovalen dan berbentuk heksagonal (Sudibandriyo, 2003). Gambar 2.9 menunjukkan perbandingan antara struktur grafit dan karbon aktif. Perbedaannya terletak pada orientasi setiap lapisan. Jarak antar lapisan karbon aktif adalah 0,34 hingga 0,35 nm (dibandingkan dengan 0,335 nm dalam grafit kristal) (Jankowska, 1991). lapisan Karbon aktif juga lebih terbatas (biasanya sampai lima lapisan) dibandingkan lapisan dalam grafit kristal. Rongga antara kristal-kristal karbon diisi oleh karbon amorf yang berkaitan secara tiga dimensi dengan atom lainnya terutama oksigen.



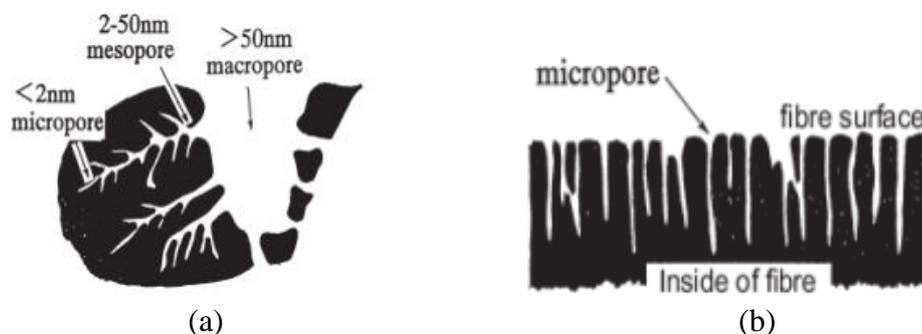
Gambar 2.9 (a) Perbandingan Grafit Kristal Tiga Dimensi dan (b) Struktur Fisika Karbon Aktif (Walker, 1969)

Berdasarkan struktur kimia, karbon aktif terdiri dari hidrogen dan oksigen terikat pada satu gugus fungsi. Kandungan oksigen dan hidrogen dikatakan rendah karena sebagian besar struktur karbon aktif adalah atom karbon. Gugus fungsi yang terkandung dalam karbon aktif adalah proses aktivasi karena interaksi radikal antara karbon dan oksigen atau nitrogen di atmosfer membuat karbon aktif reaktif secara kimiawi dan dalam proses inilah penentuan sifat adsorpsi karbon aktif efektif. Ilustrasi struktur kimia karbon aktif dengan gugus fungsional dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Struktur Kimia Karbon Aktif (Jankowska, 1991)

Berdasarkan struktur pori, karbon aktif terbagi menjadi berbagai ukuran dan bentuk. Struktur pori karbon aktif adalah granular dan berserat dapat dilihat pada Gambar 2.11. Karbon aktif dengan mikrokristal yang tersusun secara acak dan ikatan antar kristal yang sangat kuat memiliki struktur pori yang sangat baik. Ini memiliki kepadatan rendah (kurang dari 2 g/cm³). Struktur pori terbentuk selama karbonisasi dan aktivasi, yaitu ketika jarak antara kristal dasar dibersihkan oleh tar dan elemen lainnya (Ibrahim dkk., 2014).



Gambar 2.11 Struktur Pori dari Karbon Aktif:
(a) Granular (b) Serat (Ibrahim dkk., 2014)

2.6.5 Kegunaan Karbon Aktif

Kegunaan dari karbon aktif dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Kegunaan Karbon Aktif

Tujuan	Aplikasi
I. Untuk Gas	
1. Pemurnian gas	Desulfurisasi, penghilang gas beracun, bau, asap desulfurisasi dan penyaringan berbagai bahan
2. Katalisator	Reaksi katalisator atau pengangkut vinil klorida, dan vinil asetat
II. Untuk Zat Cair	
1. Industri obat dan makanan	Penyaring dan penghilang warna, bau, rasa yang tidak diinginkan pada makanan
2. Minuman ringan, minuman keras	Penghilang warna, bau pada arak, minuman keras dan minuman ringan
3. Pengolahan air	Penyaring, penghilang bau, warna, zat pencemar dalam air dan alat
4. Pengolahan air buangan	Pembersih air buangan dari pencemar, warna, bau, logam berat
5. Pelarut yang digunakan kembali	Pemurnian dan menghilangkan bau, warna, dan rasa tidak enak
III. Lain-Lain	
1. Pengolahan <i>Pulp</i>	Pemurnian, penghilang bau
2. Pengolahan Pupuk	Pemurnian
3. Pemurnian emas	Pemurnian
4. Penyaringan minyak makan dan glukosa	Penghilang bau, warna, rasa yang tidak diinginkan

(PDII-LIPI, 1997)

2.6.6 Proses Pembuatan Karbon Aktif

Proses pembuatan karbon aktif secara umum dibagi menjadi tiga tahapan proses sebagai berikut:

1. Dehidrasi

Dehidrasi adalah proses penghilangan kandungan air yang ada pada bahan baku, bertujuan untuk menyempurnakan proses karbonisasi tahapan ini dapat dilakukan dengan cara menjemur bahan baku dibawah sinar matahari atau

memanaskannya di dalam oven (Putri dkk., 2019).

2. Karbonisasi

Karbonisasi adalah proses pembakaran material organik pada bahan baku. 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 atau pori-pori mulai terbuka. Seiring karbonisasi, struktur pori awal akan berubah (Putri dkk., 2019).

Faktor-faktor yang mempengaruhi karbonisasi yaitu kadar air, ketebalan bahan baku, kekerasan bahan baku, udara sekeliling dapur pembakaran (*furnace*) dan waktu pemanasan. Selama karbonisasi berlangsung banyak elemen non karbon, hidrogen dan oksigen diubah menjadi gas akibat dekomposisi pirolisis dari bahan mula-mula dan atom-atom karbon bebas mengelompok dalam formasi kristalografis yang dikenal sebagai kristal grafit. Susunan kristal tidak beraturan, sehingga celah-celah bebas tetap ada (Haryati dkk., 2017).

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. Proses aktivasi perlu dilakukan untuk meningkatkan luas permukaan dan daya adsorpsi karbon aktif. Pada proses ini terjadi pelepasan hidrokarbon, tar, dan senyawa organik yang melekat pada karbon tersebut (Putri dkk., 2019).

2.7 Aktivasi

Aktivasi merupakan proses penghilangan zat-zat yang menutupi pori-pori pada permukaan arang. Hidrokarbon pada permukaan arang dapat dihilangkan melalui proses oksidasi menggunakan oksidator yang sangat lemah (CO_2 dan uap air) agar atom karbon yang lain tidak turut teroksidasi. Dapat juga dilakukan proses dehidrasi dengan garam-garam seperti ZnCl_2 atau CaCl_2 . Unsur mineral akan masuk diantara plat-plat heksagonal dan membuka permukaan yang mulanya

tertutup sehingga jumlah permukaan karbon aktif bertambah besar (Haryati dkk., 2017). Proses aktivasi dibedakan menjadi dua bagian, yaitu:

1. 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. Pada aktivasi fisika seringkali terjadi kelebihan oksidasi eksternal saat gas pengoksidasi berdifusi pada karbon sehingga terjadi pengurangan ukuran adsorben dan reaksi sulit untuk dikontrol (Putri dkk., 2019).

2. Aktivasi kimia

Aktivasi kimia dilakukan dengan mencampur material karbon menggunakan bahan-bahan kimia atau reagen pengaktif, selanjutnya campuran dikeringkan dan dipanaskan. Unsur-unsur mineral aktivator masuk diantara plat heksagonal dari kristalit dan membuka permukaan yang mulanya tertutup. Sehingga saat pemanasan dilakukan, senyawa kontaminan yang berada dalam pori menjadi lebih muda terlepas. Hal ini menyebabkan luas permukaan yang aktif bertambah besar dan meningkatkan daya serap karbon aktif (Haryati dkk., 2017).

2.8 Zat Aktivator

Aktivator adalah senyawa yang bertindak sebagai aktivator atom karbon, dan karbon akan menyerap lebih baik. Aktivator mengikat air sehingga air yang terikat erat pada pori karbon tidak hilang selama karbonisasi dilepaskan. Selain itu, aktivator akan masuk ke dalam pori-pori dan membuka permukaan arang yang tertutup. Akibatnya, ketika dipanaskan, senyawa pengotor yang terkandung dalam pori-pori menjadi lebih mudah diserap, sehingga meningkatkan luas permukaan karbon aktif dan meningkatkan kapasitas penyerapannya. Bahan kimia yang dapat digunakan sebagai aktivator adalah CaCl_2 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NaCl , MgCl_2 , HNO_3 , HCl , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, H_3PO_4 , ZnCl_2 , dan lainnya. Semua bahan aktif tersebut seringkali berperan sebagai pengikat air (Haryati dkk., 2017).

2.9 Adsorpsi

2.9.1 Pengertian Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses pengumpulan substansi terlarut (soluble) yang terdapat dalam larutan oleh permukaan benda penyerap (adsorben) di mana terjadi suatu ikatan kimia fisika antara substansi dan penyerapnya. Pada proses adsorpsi yang dibatasi oleh proses difusi film dan difusi pori yang tergantung pada lamanya kontak antara partikel adsorben dan fluida dalam sistem. Bila lamanya waktu kontak relatif lebih sedikit maka lapisan film yang disekeliling partikel akan tebal sehingga proses adsorpsi berlangsung lambat dengan pengadukan yang cukup maka kecepatan difusi film meningkat. Melalui proses adsorpsi ini dikenal istilah adsorbat untuk zat yang diadsorpsi dan adsorben untuk zat yang mengadsorpsi (Haryati dkk., 2017).

2.9.2 Jenis-jenis Adsorpsi

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

a. Adsorpsi fisika (*Physisorption*)

Adsorpsi fisika terjadi akibat dari gaya Van der Waals di mana ketika daya tarik atom antara susunan dan lapisan luar medium lebih menonjol daripada daya tarik antara zat terlarut dan susunan maka zat yang terurai akan diadsorpsi oleh lapisan luar medium. *Physisorption* ini memiliki daya tarik Van der Waals yang cukup kecil. Partikel terikat sangat lemah dan energi yang diberikan dalam adsorpsi sebenarnya cukup rendah sekitar 20 kJ/mol. Contoh: adsorpsi oleh arang aktif. Inisiasi arang yang digerakkan pada suhu tinggi akan menghasilkan konstruksi permeabel dan wilayah permukaan adsorpsi yang sangat besar. Semakin besar luas permukaan, semakin banyak zat yang terurai bergabung dengan lapisan luar media adsorpsi.

b. Adsorpsi Kimia (*Chemisorption*)

Chemisorption terjadi ketika senyawa mengikat struktur antara zat yang hancur dalam susunan dan partikel dalam medium. *Chemisorption* dimulai dengan adsorpsi yang sebenarnya, di mana partikel adsorbat mendekati lapisan luar adsorben melalui kekuatan Van der Waals atau melalui ikatan hidrogen. Dalam

adsorpsi senyawa, partikel menempel ke permukaan dengan membingkai sekuritas sintesis (biasanya ikatan kovalen), dan umumnya akan mencari tujuan yang memperkuat bilangan koordinasinya dengan substrat. Contoh: *Ion exchange* (Atkins, 1999).

Seperti yang telah dijelaskan diatas, bahwa adsorpsi secara fisika dan kimia berbeda antara satu sama lain, perbedaannya dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Perbedaan Adsorpsi Secara Fisika dan Kimia

Adsorpsi Fisika	Adsorpsi Kimia
Molekul terikat pada adsorben oleh gaya Van der Waals	Molekul terikat pada adsorben oleh ikatan kimia
Mempunyai entalpi reaksi -4 sampai -40 kJ/mol	Mempunyai entalpi reaksi -40 sampai -800 kJ/mol
Dapat membentuk lapisan <i>multilayer</i>	Membentuk lapisan <i>monolayer</i>
Adsorpsi hanya terjadi pada suhu dibawah titik didih adsorbat	Adsorpsi dapat terjadi pada suhu tinggi
Jumlah adsorpsi pada permukaan merupakan fungsi adsorbat	Jumlah adsorpsi pada permukaan merupakan karakteristik adsorben dan adsorbat
Tidak melibatkan energi aktivasi	Melibatkan energi aktivasi tertentu
Bersifat tidak spesifik	Bersifat sangat spesifik

(Atkin, 1999)

2.9.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

Proses adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu:

1. Konsentrasi

Proses adsorpsi untuk memisahkan bahan dengan konsentrasi rendah dari campuran yang mengandung bahan lain berkonsentrasi tinggi (Haryati dkk., 2017).

2. Luas Permukaan

Proses adsorpsi tergantung pada banyaknya tumbukan yang terjadi antara partikel-partikel adsorbat dan adsorben. Tumbukan efektif antara partikel itu akan meningkat dengan meningkatkan luas permukaan. Jadi, semakin luas permukaan adsorben maka adsorpsi akan semakin besar (Haryati dkk., 2017).

3. Suhu

Adsorpsi akan lebih cepat berlangsung pada suhu rendah namun pengaruh suhu adsorpsi zat cair tidak sebesar pada adsorpsi gas (Haryati dkk., 2017).

4. Ukuran Partikel

Semakin kecil ukuran partikel yang diadsorpsi maka proses adsorpsinya akan berlangsung lebih cepat (Haryati dkk., 2017).

5. pH

pH mempunyai pengaruh dalam proses adsorpsi. pH optimum dari suatu proses adsorpsi ditetapkan melalui uji laboratorium (Haryati dkk., 2017).

6. Waktu

Kontak waktu untuk mencapai keadaan setimbang pada proses penyerapan oleh adsorben berkisar antara beberapa menit hingga beberapa jam (Haryati dkk., 2017).

2.9.4 Mekanisme Adsorpsi

Proses adsorpsi dapat berlangsung jika suatu permukaan padatan dan molekul-molekul gas atau cair dikontakkan dengan molekul-molekul tersebut maka didalamnya terdapat gaya kohesif termasuk gaya hidrostatis dan gaya ikatan hidrogen yang bekerja diantara molekul seluruh material. Gaya-gaya yang tidak seimbang pada batas fasa tersebut menyebabkan perubahan-perubahan konsentrasi molekul pada interface solid atau liquid (Mu'in dkk., 2017).

Mekanisme proses adsorpsi dapat digambarkan sebagai proses di mana molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben akibat kimia dan fisika. Proses adsorpsi tergantung pada sifat zat padat yang mengadsorpsi, sifat atom/molekul yang diserap, konsentrasi, temperatur dan lain-lain (Kartikaningsih dkk., 2014).

2.10 Isoterm Adsorpsi

Isoterm adsorpsi adalah fungsi konsentrasi zat terlarut yang terserap pada padatan terhadap konsentrasi larutan (Arif, 2014). Isoterm adsorpsi digunakan untuk menentukan kapasitas maksimum dari adsorben terhadap kontaminan yang diserap (Nasruddin dkk, 2017). Adapun tipe adsorpsi yang biasa digunakan dalam penentuan kapasitas adsorpsi dari suatu karbon aktif yaitu isoterm Freundlich dan

Langmuir. Tipe isoterm adsorpsi dapat digunakan untuk mempelajari mekanisme adsorpsi pada fase cair-padat yang umumnya menganut tipe isoterm Freundlich dan Langmuir. Kualitas suatu adsorben dapat dilihat dari kapasitas dan persentase penyerapannya terhadap zat yang diserap. Kapasitas suatu adsorben dapat dihitung menggunakan rumus (Nurafriyanti dkk., 2017).

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e)V}{W} \quad (1)$$

Keterangan:

q_e = Kapasitas adsorpsi (mg/g)

C_0 = Konsentrasi awal Fe (mg/l)

C_e = Konsentrasi akhir Fe (mg/l)

V = Volume sampel (Liter)

W = Berat adsorben (gram)

2.10.1 Adsorpsi Isoterm Freundlich

Persamaan Freundlich berasumsi bahwa adsorpsi terjadi secara multilayer, permukaan adsorben heterogen, panas adsorpsi terdistribusi tidak seragam, tidak ada penggabungan atau pemisahan molekul setelah teradsorpsi (Do, 1998). Pendekatan isoterm adsorpsi yang cukup memuaskan dijelaskan oleh H. Freundlich. Menurut Freundlich, jika y adalah berat zat terlarut per gram adsorben dan c adalah konsentrasi zat terlarut dalam larutan (Tahad dan Sanjaya, 2018). Dari konsep tersebut dapat diturunkan persamaan (Utami dkk., 2013)

$$\frac{x_m}{m} = k_f \cdot C e^{\frac{1}{n}} \quad (2)$$

Persamaan (2) dapat diturunkan secara linear menjadi (Nandiyanto dkk., 2020).

$$\text{Log} \left(\frac{x_m}{m} \right) = \log k_f + \frac{1}{n} \cdot \log C_e \quad (3)$$

Keterangan :

X_m = berat zat yang diadsorpsi

M = berat adsorben

C_e = konsentrasi zat

k_f = konstanta adsorpsi Freundlich

n = konstanta empiris

Nilai k dan n adalah konstanta adsorpsi yang nilainya bergantung pada jenis adsorben dan suhu adsorpsi. Bila dibuat kurva $\log (X_m/m)$ terhadap $\log C_e$ akan diperoleh persamaan linear.

Asumsi yang digunakan pada isoterm adsorpsi Freundlich adalah (Masruhin dkk., 2018):

1. Tidak ada asosiasi dan disosiasi molekul-molekul adsorbat setelah teradsorpsi pada permukaan padatan.
2. Hanya berlangsung mekanisme adsorpsi secara fisis tanpa adanya *chemisorption*.
3. Permukaan adsorben heterogen.

2.11 Logam Besi (Fe)



Gambar 2.12 Logam Besi (Fadri, 2018)

Besi berasal dari bahasa latin ferrum yang memiliki symbol Fe. Nomor atom besi yaitu 26. Bilangan oksidasi Fe adalah +3 dan +2. Besi menyusun 5-5,6% dari kerak bumi dan Menyusun 35% dari massa bumi, sehingga Fe menempati urutan sepuluh besar sebagai unsur bumi (Fadri, 2018).

Logam besi (Fe) merupakan salah satu senyawa yang terkandung dalam logam berat yang sangat berbahaya bagi kelangsungan hidup makhluk hidup di lingkungan sekitar tempat tinggal di atas nilai ambang batas. Logam besi dapat menyebabkan kekeruhan, korosi, dan efek lainnya. Limbah yang sering mengandung logam berat berasal dari pabrik kimia, listrik dan elektronik, logam dan elektroplating, kulit, metalurgi, cat, dan pewarna. Ambang batas berbeda untuk setiap logam berat dan setiap organisme (Karim dkk., 2018). Pada umumnya besi dalam air dapat bersifat:

1. Terlarut sebagai Fe^{2+} (Ferro) atau Fe^{3+} (Ferri).

2. Tersuspensi sebagai butir koloidal (diameter < 1 μ m) atau yang lebih besar seperti Fe₂O₃, FeO, Fe(OH)₃, dan sebagainya.
3. Tergabung dengan zat organik atau zat padat yang inorganik seperti tanah liat.

Besi memiliki sifat fisik dan sifat kimia yang berbeda dengan unsur lainnya yang dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Sifat Fisika dan Kimia Besi

Sifat Fisika dan Kimia	Keterangan
Lambang	Fe
Nomor Atom	26
Massa Atom	55,854 g/mol
Golongan, Periode	VIII B, 4
Konfigurasi	[Ar] 3d ⁶ 4s ²
Penampilan	Metalik mengkilap keabu-abuan
Fase	Padat
Massa Jenis (suhu kamar)	7,86 g/cm ³
Titik Lebur	1811 K (1538 °C, 280 °F)
Titik Didih	3134 K (2861 °C, 5182 °F)
Kapasitas Kalor	(25 °C) 25,19 J/mol. K

(Fadri, 2018)

Besi membentuk 5% dari kerak bumi dan merupakan unsur yang paling melimpah keempat setelah oksigen, silikat dan aluminium. Kandungan besi rata-rata dalam tanah diperkirakan 3,8% (Hardjowigeno, 1993). Apabila konsentrasi besi terlarut dalam air melebihi ambang batas maka akan menyebabkan berbagai masalah, diantaranya:

1. Pengendapan Fe(OH) bersifat korosif pada pipa dan akan mengendap di dalam pipa, sehingga mencemari bak mandi, bak cuci dan toilet yang terbuat dari seng.
2. Gangguan fisik yang disebabkan oleh adanya zat besi terlarut dalam air adalah munculnya warna, bau dan rasa. Jika konsentrasi besi terlarut >1,0 mg/l, rasa air akan buruk.
3. Senyawa besi dalam jumlah kecil dalam tubuh manusia mempunyai efek membentuk sel darah merah (7-35 mg/hari), tetapi zat besi yang melebihi dosis yang dibutuhkan oleh tubuh manusia dapat menyebabkan gangguan kesehatan. Hal ini dikarenakan tubuh manusia tidak dapat mengeluarkan zat besi, sehingga

orang yang sering melakukan transfusi darah akan mengalami penggelapan kulit dan menyebabkan iritasi pada mata dan kulit.

Kandungan Fe dalam air minum tidak boleh melebihi nilai baku mutu 0,3 mg/l (Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492, 2010).

2.12 Spektrofotometri Serapan Atom



Gambar 2.13 Spektrofotometer Serapan Atom (Fadri, 2018)

Spektrofotometri serapan atom adalah suatu metode analisis kuantitatif untuk menentukan kadar total unsur logam dan metaloid berdasarkan penyerapan (absorbansi) radiasi oleh atom-atom bebas unsur tersebut (Fadri, 2018).

Untuk analisis kualitatif, metode fotometri nyala lebih sering digunakan dari AAS, karena AAS memerlukan lampu katoda spesifik (*hollow cathode*). Kromatografi dalam AAS merupakan syarat utama. Suatu perubahan temperatur nyala (Khopkar, 1990).

Metode AAS berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unturnya, misalnya Natrium menyerap pada 589 nm, Uranium pada 358,5 nm, sedang Kalium pada 766,5 nm. Cahaya pada Panjang gelombang ini mempunyai cukup energi untuk mengubah tingkat elektronik suatu atom. Transisi elektronik suatu unsur bersifat spesifik. Dengan absorpsi energi, berarti memperoleh lebih banyak energi, suatu atom pada keadaan dasar dinaikkan tingkat energinya ke tingkat eksitasi. Kita dapat memilih diantara panjang gelombang ini yang menghasilkan garis spektrum yang tajam dan dengan intensitas yang maksimum, biasanya merupakan transisi dari keadaan dasar ke keadaan tereksitasi pertama.

Inilah yang dikenal dengan garis resonansi (Khopkar, 1990).

Sumber cahaya pada spektrofotometri serapan atom adalah sumber cahaya dari lampu katoda yang berasal 22 dari elemen yang sedang diukur kemudian dilewatkan ke dalam nyala api yang berisi sampel yang telah teratomisasi, kemudian radiasi tersebut diteruskan ke detektor melalui monokromator. Detektor akan menolak arah searah arus (DC) dari emisi nyala dan hanya mengukur arus bolak-balik dari sumber radiasi atau sampel. Atomisasi terjadi melalui beberapa tahap yaitu awal mula larutan disemprotkan ke dalam nyala api kemudian terjadi desolvasi pelarut menghasilkan sisa partikel padat yang halus pada nyala. Partikel ini berubah menjadi gas dan selanjutnya mengalami disosiasi menjadi atom-atom. Setelah itu atom-atom tersebut menyerap radiasi sinar yang dihasilkan *Hollow Cathode Lamp*. Kemudian menuju ke monokromator, detektor, dan selanjutnya diubah menjadi data (Khopkar, 1990). Setiap alat AAS terdiri atas tiga komponen berikut:

- a. Unit atomisasi
- b. Sumber radiasi
- c. Sistem pengukur fotometrik

Tabel 2.7 Klasifikasi Metode Spektrofotometri Serapan Atom

No.	Tipe	Nama	Atomisasi	Sumber Radiasi	Perlakuan Sampel
A	Metode emisi	Emisi Nyala	Nyala	Sampel dalam nyala	Dihisap dalam nyala
		Arc/spark spectroscopy	Busur api	Sampel dalam Arc/spark	Sampel pada elektroda
		Fluorosensi atom	Nyala	Nyala lampu	Dihisap
B	Metode absorpsi	Absorpsi nyala	Nyala	Lampu katoda	Dihisap
		AAS tanpa nyala	Tungku grafit	Lampu katoda	Dipanaskan dalam piringan
		Absorpsi sinar-X		Tabung sinar-X	Berkas sumber

(Khopkar, 1990)

Logam-logam yang mudah diuapkan seperti Cu, Pb, Zn, Cd, umumnya ditentukan pada suhu rendah sedangkan untuk unsur-unsur yang tidak mudah

diatomisasi diperlukan suhu tinggi. Suhu tinggi dapat dicapai dengan menggunakan suatu oksidator bersama dengan gas pembakar (Khopkar, 1990).

Berbagai kondisi optimum penentuan logam secara AAS pada berbagai panjang gelombang ditunjukkan pada Tabel 2.8 (Khopkar, 1990).

Tabel 2.8 Kondisi Untuk Analisis AAS

Unsur	Panjang Gelombang	Tipe Nyala	Sensitivitas ($\mu\text{g/ml}$)	Range Kerja ($\mu\text{g/ml}$)	Batas Deteksi ($\mu\text{g/ml}$)
Ag	328,1	AA	0,029	1-9	0,002
Al	309,3	NA	0,75	40-200	0,018
Ca	422,7	NA	0,013	1-4	0,002
Cd	228,8	AA	0,011	0,5-2	0,0007
Cs	852,1	AP	0,04	5-20	0,004
Fe	248,3	AA	0,045	2,5-10	0,006
Na	589	AP	0,003	0,15-0,60	0,0002
Zn	213,9	AA	0,009	0,4-1,6	0,001

(Khopkar, 1990)

Ditinjau dari hubungan antara konsentrasi dan absorbansi maka hukum Lambert-Beer dapat digunakan jika sumbernya adalah monokromatis. Pada AAS, panjang gelombang garis absorpsi resonansi identik dengan garis-garis emisi disebabkan keserasian transisinya. Untuk bekerja pada panjang gelombang ini diperlukan suatu monokromator celah yang menghasilkan lebar puncak sekitar 0,002-0,005 nm. Pada teknik AAS, diperlukan sumber radiasi yang mengemisikan sinar pada panjang gelombang yang tepat sama pada proses absorpsinya. Dengan cara ini efek pelebaran puncak dapat dihindarkan. Sumber radiasi tersebut dikenal sebagai lampu *hollow cathode* (Khopkar, 1990). Hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi diturunkan dari:

1. Hukum Lambert: Bila suatu sumber sinar monokromatik melewati medium transparan maka intensitas sinar yang diteruskan berkurang dengan bertambahnya ketebalan medium yang mengabsorpsi.
2. Hukum Beer: Intensitas sinar yang diteruskan berkurang secara eksponensial dengan bertambahnya konsentrasi spesi yang menyerap sinar tersebut.

Syarat-syarat gas yang dapat digunakan dalam atomisasi dengan nyala (Kasie Lab KAI, 2020):

1. Campuran gas memberikan suhu nyala yang sesuai untuk atomisasi unsur yang akan dianalisa.

2. Tidak berbahaya misalnya tidak mudah menimbulkan ledakan
3. Gas cukup aman, tidak beracun dan mudah dikendalikan
4. Gas cukup murni dan bersih (UHP)

Umumnya bahan bakar yang digunakan adalah propana, butana, hydrogen, dan asetilen. Sedangkan oksidatornya adalah udara, oksigen, N₂O dan asetilen.

Tabel 2.9 Temperatur Nyala

Bahan Bakar	Oksidasi Udara	Oksidasi Oksigen	N ₂ O
Hidrogen	2100	2780	-
Asetilen	2200	3050	2955
Propana	1950	2800	-

(Khopkar, 1990)

Keuntungan metoda AAS adalah (Rahmawati dkk., 2015):

- a. Akurat
- b. Analisisnya teliti dan cepat
- c. Dapat mengukur beberapa unsur berlainan dari larutan yang sama
- d. pengerjaannya relatif sederhana dan tidak perlu dilakukan pemisahan unsur logam dalam pelaksanaannya.

Kekurangan metoda AAS adalah :

- a. Dibutuhkan suatu lampu katoda berongga sebagai sumber nyala untuk setiap unsur.
- b. Ditemukan adanya beberapa gangguan yaitu: gangguan spektral, kimia dan fisika