

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Terdahulu

Pada proses pirolisis selain menghasilkan minyak dan zat padat berupa arang, proses pirolisis juga menghasilkan gas buang. Gas buang yang dihasilkan antara lain karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), hidrogen (H₂) dan metana (CH₄). Alternatif untuk mengurangi konsentrasi gas buang pirolisis khususnya gas karbon monoksida (CO) salah satunya dapat dilakukan dengan metode adsorpsi. Adsorben yang digunakan untuk mereduksi gas CO adalah karbon aktif berbahan dasar dari serabut dan tempurung nipah yang jarang dimanfaatkan. Di aktivasi menggunakan aktivator H₃PO₄. Berikut ringkasan dari penelitian terdahulu yang dijadikan bahan pertimbangan bagi penelitian ini tersaji dalam tabel berikut.

Tabel 2.1 Ringkasan Penelitian Terdahulu

No.	Nama Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
1.	Jaya (2014)	Untuk mengetahui kemampuan karbon aktif dari limbah kulit buah kakao dengan variasi konsentrasi ZnCl ₂ dan mengetahui perbandingan antar kadar adsorpsi emisi gas CO, NO, dan NO _x	Karbon aktif yang dibuat dari limbah kulit kakao dapat menurunkan kandungan emisi gas buang NO dari 67 menjadi 30 ppm, NO _x dari 69 menjadi 31 ppm dengan kemampuan adsorpsi	Bahan baku karbon aktif yang digunakan dalam penelitian ini adalah serabut dan tempurung nipah dengan variasi konsentrasi H ₃ PO ₄ sebagai adsorben penjerap gas CO dari proses

No.	Nama Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		pada kendaraan bermotor roda empat dengan baku mutu pencemaran udara	maksimum emisi gas NO, dan NO _x sekitar 50%, dan CO dari 510 menjadi 150 ppm dengan kemampuan adsorpsi maksimum sekitar 70%	pirolisis biomassa serabut dan tempurung nipah.
2.	Fikri & Veronica (2018)	Untuk mengetahui efektivitas penurunan konsentrasi karbon monoksida (CO) dengan sistem kontak media karbon aktif menggunakan variasi ukuran partikel	Rata-rata persentase penurunan paling efektif pada ukuran partikel karbon aktif 30 <i>mesh</i> sebesar 77,95%	Pengaplikasian karbon aktif sebagai adsorben penjerap karbon monoksida (CO) yang teraktivasi H ₃ PO ₄ .
3.	Winoko & Wicaksono (2021)	Untuk mengomparasikan emisi gas buang sepeda motor	Penurunan CO sebesar 12,06%, HC 17,58%, dan CO ₂ 8,14 pada	Penelitian ini menggunakan adsorben karbon aktif yang

No.	Nama Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		setelah dan sebelum terpasang adsorben pada knalpot dan menganalisis pengaruhnya terhadap putaran mesin CO, HC, dan CO ₂ dengan aktivasi NaCl 20% dan ukuran 60 mesh	penggunaan adsorben karbon aktif 200 gram	teraktivasi H ₃ PO ₄ untuk penjerapan gas CO. Gas CO dihasilkan dari proses pirolisis biomassa serabut dan tempurung nipah.
4.	Afifah (2020)	Untuk mengetahui pengaruh variasi rasio massa H ₃ PO ₄ pada aktivasi kimia dua tahap untuk menghasilkan karbon aktif dengan karakteristik terbaik dan mendapatkan pengaruh variasi	Karbon aktif dengan karakteristik terbaik dihasilkan oleh aktivasi kimia kedua kali dengan rasio massa 2:1 dengan konsentrasi H ₃ PO ₄ 65% Bilangan iodin, luas permukaan,	Penelitian ini menggunakan H ₃ PO ₄ sebagai aktivator dengan variasi konsentrasi 2M dan 3M serta ukuran partikel 50 dan 100 mesh. Karakterisasi karbon aktif meliputi kadar air, kadar abu,

No.	Nama Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		<p>presentase <i>loading</i> MgO yang optimal terhadap adsorpsi gas CO, CO₂, HC</p>	<p>dan <i>yield</i> berturut-turut adalah 1164 mg/g, 1158 m²/g, dan 50,3%. Hasil adsorpsi gas uji terbaik ditunjukkan oleh variasi <i>loading</i> 1% dengan presentase adsorpsi CO, CO₂, dan HC berturut-turut adalah 72,62%, 70,33% dan 62,77%. Bilangan iodin dan luas permukaan dari karbon aktif 1% MgO adalah 933 mg/g dan 928 m²/g</p>	<p>dan uji bilangan iodin</p>
5.	Agustin <i>et al.</i> , (2022)	Untuk memaksimalkan	Purifikasi dengan arang	Penelitian ini menggunakan

No.	Nama Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		<p>proses purifikasi gas buang pirolisis menggunakan bahan larutan NaOH sebagai adsorber, dan bahan adsorber menggunakan <i>steel wool</i>, zeolit, arang aktif, dan silika gel dengan proses pirolisis menggunakan plastik jenis LDPE (<i>Low Density Poly Ethylene</i>)</p>	<p>aktif efisien untuk menurunkan kadar CO₂ pada gas sedangkan yang paling efisien untuk menurunkan kadar CO₂ silika gel. Hasil purifikasi secara kontinyu dapat menaikkan kadar CH₄ sebanyak 78%, menurunkan kadar CO₂ sebanyak 66% dan menurunkan kadar H₂S sebanyak 62%</p>	<p>karbon aktif sebagai adsorben untuk proses adsorpsi gas CO dari proses pirolisis</p>
6.	Rahayu <i>et al.</i> , (2022)	<p>Penelitian ini bertujuan sebagai studi pendahuluan untuk mengetahui potensi nipah sebagai bahan</p>	<p>Hasil dari karakterisasi secara proksimat menghasilkan kadar air dan kadar abu</p>	<p>Penelitian ini mengkarakterisasi karbon aktif hasil pengaktifasian menggunakan H₃PO₄ meliputi</p>

No.	Nama Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		<i>intermediate</i> karbon keras melalui karakterisasi secara proksimat dan penentuan bilangan yodium.	masing-masing 5,00% dan 9,97%, kadar volatile matter dan fixed carbon sebesar 42,93% dan 42,11%, sedangkan bilangan yodium yang dimiliki sebesar 346,86 mg/g.	kadar air, kadar abu, dan uji bilangan iodin.
7.	Fadlilah <i>et al.</i> , (2022)	Untuk mengetahui karakteristik karbon aktif tempurung nipah (AC-tempurung nipah) dan karbon aktif kulit pisang kepok (AC-kulit pisang kepok) yang diaktivasi dengan kalium hidroksida (KOH) 0,5 M. Karakterisasi	Nilai kadar air, kadar abu, daya serap terhadap I2 berturut-turut adalah 1%; 9,9%; 1307 mg/g (AC-tempurung nipah) dan 3%; 7,4%; 1777 mg/g (AC-kulit pisang kepok). Hasil spektra FTIR AC-tempurung	Proses pembuatan karbon pada penelitian ini menggunakan bahan baku tempurung dan serabut nipah yang diaktivasi dengan asam fosfat (H ₃ PO ₄) dengan ukuran partikel 50 mesh dan 100 mesh. Karakterisasi karbon aktif

No.	Nama Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		karbon aktif dilakukan dengan analisis kadar air, analisis kadar abu, analisis daya serap iodine, dan analisis gugus fungsi sebelum proses aktivasi dan setelah proses aktivasi.	nipah dan AC-kulit pisang kepok menunjukkan adanya pergeseran bilangan gelombang serapan gugus -OH setelah aktivasi. Serapan gugus C=C aromatik mengindikasikan telah terbentuknya grafit.	dilakukan dengan analisis kadar air, analisis kadar abu, analisis daya serap iodine, sebelum proses aktivasi dan setelah proses aktivasi.

Berdasarkan tabel perbandingan penelitian terdahulu dengan perbedaan pada penelitian yang akan dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penelitian yang akan dilakukan terdapat keterbaruan yaitu, bahan baku pembuatan karbon aktif sebagai adsorben menggunakan serabut dan tempurung nipah. Keunggulan dari adsorben ini adalah menggunakan bahan alam dari biomassa yang sudah menjadi limbah. Selain itu, penambahan H_3PO_4 sebagai aktivator untuk memperkuat daya serap karbon aktif sebagai adsorben. Karbon aktif ini digunakan sebagai adsorben untuk mereduksi gas CO dari proses pirolisis. Pernyataan tersebut diperkuat dengan teori relevan yang tertulis pada Bab ini.

2.2 Teori-teori yang Relevan

2.2.1 Pirolisis

Pirolisis merupakan proses penguraian bahan suhu tinggi dengan sedikit atau tanpa adanya oksigen dengan produk utama dari pirolisis adalah arang (*char*), minyak (*fuel gas*), dan gas (*bio-oil*). Reaksi yang ada didalam proses pirolisis yaitu, dekomposisi, oksidasi, polimerisasi, dan kondensasi. Proses pirolisis biomassa terjadi karena energi panas yang mendorong terjadinya oksidasi sehingga molekul karbon yang kompleks terurai yang sebagian besar menjadi karbon/arang. Faktor yang mempengaruhi pirolisis yaitu kadar air, ukuran partikel, temperatur, waktu, bahan, dan tipe pirolisis (Winata *et al.*, 2021). Pada proses pembakaran pirolisis terdapat beberapa fase yaitu fase pengeringan, terjadi pada suhu 200°C. Fase pirolisis pada suhu 200°C-500°C dan fase evolusi gas terjadi pada suhu 500-200°C (Ridhuan *et al.*, 2019).

2.2.2 Gas Hasil Pirolisis

Produk utama dari proses pirolisis yaitu padatan berupa arang, asap cair, dan gas. Gas hasil pirolisis dapat dibedakan menjadi gas yang tidak dapat dikondensasi seperti CO, CO₂, CH₄, dan gas yang dapat dikondensasi pada proses pirolisis adalah minyak atau disebut juga asap cair (Ridhuan *et al.*, 2019). Kondensasi adalah proses pelepasan kalor dari suatu sistem yang menyebabkan uap (*vapor*) berubah menjadi cair (*liquid*). Kondensasi terjadi ketika uap menyentuh permukaan yang temperatur di bawah temperatur jenuh dari uap tersebut (Haryadi, 2015). Media terjadinya kondensasi adalah kondensor yang merupakan alat penukar kalor (*heat exchanger*). Proses kondensasi di dalam kondensor terjadi dengan cara penurunan temperatur dari salah satu fluida kerjanya. Di dalam kondensor terjadi proses perpindahan panas dari uap yang berperan sebagai fluida panas dan air yang berperan sebagai fluida dingin (Haryadi, 2015).

2.2.3 Karbon Monoksida (CO)

Karbon Monoksida (CO) merupakan gas yang disebut dengan *silent killer* karena memiliki sifat tidak berbau, tidak berasa dan apabila berada di suhu udara

yang normal, gas karbon monoksida tidak berwarna dan apabila pada konsentrasi tinggi dapat menyebabkan kematian pada manusia yang menghirupnya (Rambing *et al.*, 2022). Produksi gas karbon monoksida di lingkungan dapat terbentuk secara alamiah, tetapi sumber utamanya adalah dari kegiatan manusia seperti proses pembakaran yang tidak sempurna, material yang mengandung zat arang atau bahan organik. Karakteristik biologi dari karbon adalah kemampuannya untuk berikatan dengan haemoglobin. Hal ini dapat menghasilkan pembentukan karboksihemoglobin (HbCO) yang 200 kali lebih stabil dibandingkan oksihemoglobin (HbO₂). Penguraian HbCO yang relatif lambat menyebabkan terhambatnya kerja molekul sel pigmen tersebut dalam fungsinya membawa oksigen ke seluruh tubuh sehingga berakibat fatal karena dapat menyebabkan keracunan (Wahyuni & Hanani, 2018). Menurut *Occupation Safety Health Administration* (OSHA) batas pemaparan karbon monoksida yang diperbolehkan adalah 35 ppm untuk waktu 8 jam/hari. Kadar yang dianggap langsung berbahaya bagi kehidupan atau kesehatan adalah 1500 ppm (0,15%). Paparan dari 1000 ppm (0,1%) selama beberapa menit dapat menyebabkan 50% kejenuhan dari karboksi hemoglobin dan dapat berakibat fatal.

Karbon monoksida (CO) yang terdapat di alam terbentuk dari salah satu proses sebagai berikut (Raharjo *et al.*, 2018) :

- a. Pembakaran tidak lengkap terhadap karbon atau komponen yang mengandung karbon.
- b. Reaksi antara karbon dioksida dan komponen yang mengandung karbon pada suhu tinggi.
- c. Pemakaian bahan bakar fosil pada mesin penggerak transportasi.

Tabel 2.2 Sifat-Sifat Gas Karbon Monoksida (CO)

Sifat	Keterangan
Rumus molekul	CO
Wujud	Gas tidak berwarna dan tidak berbau
Berat molekul	28,0101 g/mol

Sifat	Keterangan
Titik beku	-205°C
Titik didih	-192°C
Densitas	0,789 g/cm liquid 1,250 g/L pada 0°C, 1 atm, 1,145 g/pada 25°C, 1 atm
Kelarutan dalam air	0,0026 g/100 ml (20°C)

(Sumber : Raharjo et al., 2018)

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yang ada pada Lampiran VII mengenai baku mutu karbon monoksida di udara.

Tabel 2.3 Baku Mutu Karbon Monoksida (CO) di Udara

Parameter	Waktu pengukuran	Satuan $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Satuan ppm (part per millions)
Karbon Monoksida (CO)	1 Jam	10.000	409
	8 Jam	4.000	163,6

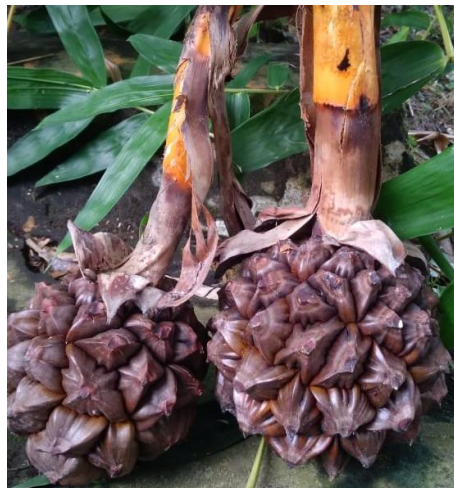
(Sumber : Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021)

2.2.4 Biomassa

Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintesis, baik berupa produk atau buangan. Contoh biomassa antara lain adalah tanaman, pepohonan, rumput, ubi, limbah pertanian, limbah hutan, dan kotoran ternak. Biomassa digunakan sebagai bahan bakar atau sumber bakar. Biomassa yang umum digunakan sebagai bahan bakar adalah yang memiliki nilai ekonomis rendah atau merupakan limbah setelah diambil produk primernya. Sebagian besar biomassa tersusun dari karbohidrat, lemak, dan protein. Sisanya merupakan mineral yang tersusun dari natrium, fosfor, kalsium, dan besi. Senyawa utama yang membentuk biomassa adalah selulosa, hemiselulosa, dan lignin (Parinduri & Parinduri, 2020).

2.2.5 Nipah

Nipah (*Nypa fruticans*) merupakan tanaman jenis palem yang tumbuh subur di daerah hutang mangrove. Rata-rata tanaman nipah merupakan tanaman yang tumbuh secara alami. Tanaman nipah memiliki akar serabut panjang. Batangnya menjalar di tanah membentuk rimpang yang terendam oleh lumpur. Tanaman nipah tumbuh berumpun dengan batang-batang yang sangat rimbun. Tanaman nipah menghasilkan buah berbentuk bulat seperti buah pandan dengan panjang bonggol hingga 45 cm. Nipah terdiri dari sabut dan tempurung 112,2 g (75,88 dan daging buah 35,67 g (21,12%). Buah nipah berbentuk gepeng dengan 2-3 rusuk dengan warna coklat kemerah-merahan, terkumpul dalam kelompok rapat yang menyerupai bola berdiameter 13 cm. Struktur buah mirip dengan struktur buah kelapa, dengan eksokarp halus, mesokarp berupa sabut, dan endokarp keras yang disebut tempurung.



Gambar 2.1 Buah Nipah
(Sumber : Penulis, 2023)

Tempurung nipah memiliki kadar selulosa dan lignin sebesar 36,5% dan 27,3%. Kandungan lignin yang banyak menyatakan bahwa semakin banyak kandungan karbon yang dapat terbentuk dari bahan tersebut serta kadar selulosa yang tinggi juga menghasilkan pembakaran yang cenderung konstan dan merta sehingga dapat menghasilkan karbon dengan kualitas yang baik (Safariyanti *et al.*, 2018).

Kandungan selulosa, hemiselulosa, dan lignin dari tanaman nipah dapat dilihat dari Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Komposisi-Komposisi Selulosa, Hemiselulosa, dan Lignin Tanaman Nipah

Tanaman	Bagian	Selulosa (%)	Hemiselulosa (%)	Lignin (%)
Nipah (<i>Nypa fruticans</i>)	Pelepah	35,1	26,4	19,7
	Tempurung	45,6	23,5	19,4
	Serabut	36,5	21,8	28,8
	Daun	38,9	23,6	33,8
Kelapa (<i>Cocos nucifera</i>)	Tempurung	24,2	38,56	29,35
	Serabut	32,18	27,81	25,02
	Tempurung	29,58	27,77	31,04

(Sumber : Rahayu et al., 2022)

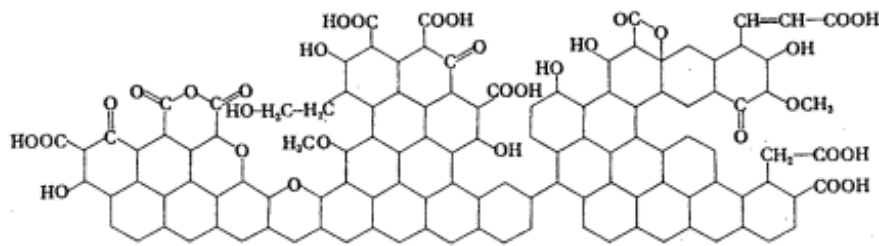
Tanaman nipah merupakan jenis palem yang memiliki akar serabut yang panjang. Batangnya menjalar di tanah membentuk rimbang yang terendam oleh lumpur. Tanaman nipah dapat diklasifikasikan berdasarkan taksonomi tumbuhan, yaitu sebagai berikut:

Kingdom : *Plantae*
 Subkingdom : *Tracheobionta*
 Super divisi : *Spermatophyta*
 Divisi : *Magnoliophyta*
 Kelas : *Liliopsida*
 Ordo : *Arecales*
 Famili : *Arecaceae*
 Genus : *Nypa*
 Spesies : *Nypa fruticans*

(Sumber : Yusni, 1996)

2.2.6 Karbon Aktif

Karbon aktif adalah adsorben yang bersifat *amorf* dengan porositas tinggi, luas permukaan tinggi yang diproduksi melalui proses karbonisasi dan aktivasi bahan yang mengandung karbon (Budiman, 2021). Apabila karbon aktif dipanaskan sampai pada suhu 100°C maka molekul-molekul air yang terkandung dalam karbon aktif akan terjadi penguapan sehingga karbon aktif berfungsi sebagai penyerap gas. Proses karbon aktif memiliki banyak pori-pori diperoleh dari proses aktivasi, yaitu dengan pemanasan suhu tinggi dan penambahan bahan kimia. Karbon aktif memiliki efektivitas tinggi sebagai adsorben tetapi harganya mahal karena biaya pembuatannya yang relatif tinggi (Ifa *et al.*, 2021).



Gambar 2.2 Struktur Kimia Karbon Aktif

(Sumber : Sudibandriyo, 2003)

Karbon aktif digunakan sebagai adsorben karena hal-hal sebagai berikut (Rizka, 2020) :

- 1) Mempunyai daya adsorpsi selektif
- 2) Berpori sehingga luas permukaan persatuan massa besar
- 3) Mempunyai daya ikat yang kuat terhadap zat yang hendak dipisahkan secara fisik atau kimiawi.

Berdasarkan (Miranti, 2012) besar pori karbon aktif dapat dikelompokkan menjadi 3 yaitu mikropori dengan jari-jari < 2 nm, mesopori dengan jari-jari 2-50 nm dan makropori dengan jari-jari > 50 nm. mikropori memiliki kemampuan adsorpsi partikel paling tinggi dibandingkan dengan pori meso dan pori makro

Adsorpsi oleh makropori biasanya diabaikan karena jauh lebih kecil dibanding mikro dan mesopori

Pembuatan karbon aktif berasal dari arang yang diaktifkan baik secara fisika maupun kimia dengan hasil karbon aktif pori-pori lebih terbuka. Tahap proses pembuatan karbon aktif adalah sebagai berikut (Hartini, 2014) :

- 1) Pemilihan bahan dasar, pemilihan bahan dasar pembuatan karbon aktif dipilih bahan yang mengandung karbon. Pemilihan bahan dasar untuk dijadikan karbon harus memenuhi beberapa kriteria, seperti kadar karbon tinggi, unsur inorganik yang rendah, ketersediaan bahan yang memadai (bahan tidak mahal dan mudah didapat), dan tidak mudah rusak (Afifah, 2020).
- 2) Dehidrasi, proses ini untuk menghilangkan air yang terkandung didalamnya. Dehidrasi dapat dilakukan dengan cara menjemur bahan dasar dibawah sinar matahari langsung atau memanaskannya dalam oven.
- 3) Karbonisasi, proses ini adalah proses penguraian selulosa organik menjadi unsur karbon, serta mengeluarkan senyawa-senyawa non karbon. Proses karbonisasi dipengaruhi oleh 2 faktor, yaitu suhu dan waktu karbonisasi.
- 4) Aktivasi, proses ini adalah proses pembentukan dan proses penyusunan karbon sehingga pori-porinya menjadi lebih besar. Proses aktivasi dapat dibagi menjadi 2 macam yaitu aktivasi fisika dan aktivasi kimia.
 - Proses aktivasi fisika diawali dengan pemanasan karbon pada temperatur 800-900°C yang selanjutnya dikarbonisasi untuk menghilangkan hidrokarbon yang terklorinasi dan terakhir diaktivasi dengan uap.
 - Aktivasi kimia menggunakan bahan kimia atau reagen pengaktif yang berperan sebagai *activating agent*. Larutan kimia yang biasanya dipakai adalah garam dari logam alkali dan alkali tanah serta zat asam seperti KOH, NaOH, ZnCl₂, dan H₃PO₄. *Activating agent* akan mengoksidasi karbon dan merusak permukaan bagian dalam karbon sehingga akan terbentuk pori dan meningkatkan daya adsorpsi. Selain itu, *activating agent* akan menghambat pembentukan tar dan mengurangi pembentukan asam asetat, metanol, dan lain-lain.

2.2.7 Syarat Mutu Karbon Aktif

Syarat mutu karbon aktif berdasarkan SNI 06-3730-1995 menjadi parameter acuan untuk mendapatkan karbon aktif yang baik sesuai syarat.

Tabel 2.5 Syarat Mutu Karbon Aktif

Uraian	Persyaratan	
	Butiran	Serbuk
Air (%)	Maks 4,5	Maks 15
Abu (%)	Maks 2,5	Maks 10
Bagian yang tidak terarang	Tidak ter-nyata	Tidak ter-nyata
Bagian yang hilang pada pemanasan 950°C (%)	Maks 15	Maks 25
Daya serap terhadap Iodin (mg/g)	Min 750	Min 750
Karbon aktif murni (%)	Min 750	Min 750
Daya serap terhadap benzena (%)	Min 80	Min 65
Daya serap terhadap biru metilen (mg/g)	Min 25	-
Kerapatan jenis curah (g/ml)	0,45 – 0,55	0,30 – 0,35
Lolos ukuran mesh 325 %	-	Min 90
Jarak mesh (%)	90	-
Kekerasan (%)	80	-

(Sumber : SNI 06-3730-95 Arang Aktif Teknis 1995)

2.2.8 Kadar Air

Kadar air digunakan untuk mengetahui sifat higroskopis dari karbon aktif yang dihasilkan. Pengujian kadar air dilakukan untuk mengetahui kandungan air yang terdapat dalam karbon aktif setelah mengalami karbonisasi (Erawati & Fernando, 2018). Peningkatan kadar air dipengaruhi oleh air di udara yang akan diserap oleh karbon aktif sehingga kadar air pada karbon aktif ikut meningkat. Metode yang digunakan untuk penentuan kadar air dari karbon aktif adalah metode gravimetrik yaitu analisis kimia berdasarkan bobot yang tidak diinginkan menjadi uap (Legiso *et al.*, 2019). Menurut Husin & Hasibuan (2020) tinggi rendahnya kadar air

disebabkan oleh sifat higroskopis arang dan jumlah uap air pada udara, penggilingan, pengayakan dan penetralan yang terkandung dalam karbon aktif.

2.2.9 Kadar Abu

Kadar abu menyatakan kandungan zat anorganik (kandungan selain karbon). Semakin rendah kadar abu maka kadar zat anorganik semakin tinggi dan *fixed carbon* rendah. Kandungan abu semakin tinggi maka mengakibatkan daya serap yang dihasilkan rendah, karena itu diupayakan kandungan abu sekecil mungkin supaya proses adsorpsi yang terjadi dapat maksimal (Erawati & Fernando, 2018). Prinsip pengujian kadar abu dengan destruksi kering yaitu pembakaran menggunakan krusibel di dalam furnace dengan suhu tinggi 800-900°C selama beberapa jam. Tujuan dari pengujian kadar abu sendiri yaitu untuk melihat jumlah komponen mineral dalam sampel organik yang tertinggal pada saat proses pengabuan (Rahayu, 2021).

2.2.10 Daya Serap Iodin

Angka iod berpengaruh dalam daya adsorpsi karbon aktif, karena semakin besar angka iod maka semakin besar kemampuan dalam mengadsorpsi adsorbat atau zat terlarut. Kemudian apabila bilangan iodin semakin bertambah, maka daya serap terhadap iod semakin besar dengan kenaikan suhu hal ini menunjukkan bahwa kualitas karbon aktif akan semakin baik dalam penyerapan (Legiso *et al.*, 2019). Pengujian bilangan iodin merupakan pengujian menghitung jumlah mg iodin yang terserap dalam 1 gr karbon aktif (Trijaya, 2019).

2.2.11 Asam Fosfat (H₃PO₄)

Asam fosfat (H₃PO₄) atau yang disebut juga dengan asam ortofosfat adalah mineral anorganik yang dapat digunakan sebagai bahan pengaktif yaitu proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan penambahan bahan-bahan kimia dimana bahan-bahan kimia yang lain yang dapat digunakan sebagai pengaktif adalah HNO₃, sianida, Ca(OH)₂, CaCl₂, Ca₃(PO₄)₂, NaOH, Na₂(SO₄), SO₂, ZnCl₂, Na₂CO₃ dan uap air pada suhu tinggi. Selain itu sifat-sifat dari bahan yang diaktivasi

secara kimia dipengaruhi oleh jumlah bahan aktif yang ditambahkan dan jenis bahan pengaktif yang digunakan (Kurniawan *et al.*, 2014). Aktivasi secara kimiawi dalam pembuatan karbon aktif dengan menggunakan H_3PO_4 sudah sangat sering digunakan untuk menghasilkan karbon aktif yang memiliki permukaan yang luas untuk menyerap dan pori-pori yang besar (Esterlita & Herlina, 2015). Asam fosfat berperan sebagai aktivator berguna untuk menambah atau mengembangkan volume pori dan memperbesar diameter pori yang telah terbentuk pada proses karbonisasi serta untuk membuat beberapa pori baru. Adanya interaksi antara zat pengaktivasi dengan struktur atom-atom karbon hasil karbonisasi adalah mekanisme dari proses aktivasi (Meilianti, 2017).

2.2.12 Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses pengumpulan substansi terlarut (*soluble*) yang ada dalam larutan, oleh permukaan zat atau benda penjerap, dimana terjadi suatu ikatan kimia fisika antara substansi dengan penjerapannya (Budiman, 2021). Zat-zat yang diserap oleh permukaan padatan atau cairan disebut fasa teradsorpsi atau adsorbat, sedangkan zat yang menyerap disebut adsorben. Mekanisme penyerapan karbon aktif, sebagai berikut (Rizka, 2020) :

- a. Molekul adsorbat berpindah menuju lapisan terluar dari adsorben karbon aktif.
- b. Karbon aktif dalam kesatuan kelompok mempunyai luas permukaan pori yang besar sehingga dapat mengadakan penjerapan terhadap adsorbat
- c. Sebagian adsorbat ada yang teradsorpsi di permukaan luar, tetapi sebagian besar teradsorpsi di dalam pori-pori adsorben dengan cara difusi.
- d. Apabila kapasitas adsorpsi masih sangat besar, sebagian besar molekul adsorbat akan teradsorpsi dan terikat di permukaan. Tetapi apabila permukaan pori adsorben sudah jenuh dengan adsorbat maka yang terjadi akan terbentuk lapisan adsorpsi kedua, ketiga dan seterusnya, atau malah tidak terbentuk lapisan kedua, ketiga dan seterusnya sehingga adsorbat yang belum teradsorpsi akan terus berdifusi keluar pori.

Proses adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu (Fitriani, 2015) :

- a. Karakteristik adsorben

Ukuran pori dan luas permukaan adsorben merupakan karakteristik penting adsorben. Ukuran pori berhubungan dengan luas permukaan. Semakin kecil ukuran pori adsorben maka luas permukaan semakin tinggi, sehingga jumlah molekul yang teradsorpsi akan bertambah. Akan tetapi, jika terlalu kecil ukurannya dapat menurunkan kemampuan adsorben untuk menyerap adsorbat (Afifah, 2020). Andriana (2013) menyatakan bahwa penurunan ukuran partikel tidak membuat proses penjerapan CO menjadi lebih baik. Hal ini dikarenakan semakin halus karbon aktif, maka kemampuan penjerapan CO nya menurun karena disebabkan lebih cepatnya laju kejenuhan dari karbon aktif.

b. Sifat adsorbat

Ukuran dan polaritas adsorbat dapat mempengaruhi proses adsorpsi. Adsorpsi terjadi pada ukuran adsorbat yang lebih kecil atau sama dengan ukuran pori dari adsorben.

Menurut Basuki dalam (Afifah, 2020) mekanisme adsorpsi yaitu :

1. Adsorbat bergerak menuju lapisan terluar dari adsorben
2. Sebagai adsorbat ada yang teradsorpsi dari permukaan luar, tetapi sebagian besar teradsorpsi di dalam pori-pori adsorben dengan cara difusi.
3. Bila kapasitas adsorpsi masih sangat besar sebagian molekul adsorbat akan teradsorpsi dan terikat di permukaan. Tetapi jika permukaan pori adsorben sudah jenuh dengan adsorbat maka akan terjadi dua kemungkinan, yaitu terbentuknya lapisan kedua, ketiga, dan seterusnya atau tidak terbentuk lapisan adsorpsi baru sehingga adsorbat yang belum teradsorpsi akan terus berdifusi keluar pori.

2.2.13 Adsorben

Adsorben merupakan zat padat yang mempunyai kemampuan dalam menyerap komponen tertentu dari suatu fase fluida. Proses adsorpsi dipengaruhi oleh besar luas permukaan adsorben, karena semakin luas permukaan adsorben maka penjerapan yang terjadi semakin merata. Luas permukaan adsorben harus lebih besar dari adsorbat untuk bisa mengikat dan melepaskan dengan mudah. Adsorben terbagi menjadi dua jenis, yaitu adsorben tidak berpori (*non-porous sorbents*) dan

adsorben berpori (*porous sorbents*). Adsorben tidak berpori memiliki luas permukaan yang kecil antara 0,1 sampai 1 m²/g (Trijaya, 2019). Pada kegiatan industri umumnya, adsorben yang dipakai untuk menseparasi gas, seperti gas CO menggunakan zeolite alam atau karbon aktif (Budiman, 2021).

2.3 Hipotesis

Dugaan sementara yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Karbon teraktivasi H₃PO₄ akan memiliki karakteristik kadar air lebih besar, kadar abu lebih kecil dan daya serap iodin lebih besar dibandingkan dengan karbon tidak teraktivasi H₃PO₄
2. Ukuran partikel akan mempengaruhi hasil karakteristik karbon aktif, semakin kecil ukuran partikel maka kadar air dan kadar abu semakin kecil, daya serap iodin semakin besar.
3. Konsentrasi aktivator H₃PO₄ akan mempengaruhi karakteristik karbon aktif, semakin tinggi konsentrasi aktivator maka kadar air dan kadar abu semakin kecil, daya serap iodin semakin besar.
4. Karbon teraktivasi H₃PO₄ akan lebih efektif menjerap gas CO dibandingkan dengan karbon tidak teraktivasi.