

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair

Air limbah menjadi persoalan kontemporer seiring jumlah industri yang semakin meningkat. Setiap industri bidang apapun pasti akan membutuhkan tempat pembuangan air limbah. Air limbah mengandung senyawa-senyawa polutan yang dapat merusak ekosistem air. Air limbah bila tidak dikelola secara baik akan dapat menimbulkan gangguan, baik terhadap lingkungan maupun terhadap kehidupan yang ada. (Sugiarto, 2008)

Menurut Scundaria (2000) disebutkan bahwa limbah merupakan sumber daya alam yang telah kehilangan fungsinya, yang keberadaannya mengganggu kenyamanan dan keindahan lingkungan. Limbah dihasilkan dari sisa proses produksi baik industri maupun domestik/rumah tangga. Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha atau kegiatan pemukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama. Beberapa bentuk dari air limbah ini berupa tinja, air seni, limbah kamar mandi dan juga sisa kegiatan dapur rumah tangga.

Menurut peraturan pemerintah pemerintah republik Indonesia nomor 82 tahun 2001, air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair.

Air buangan berasal dari berbagai sumber menurut Notoatmodjo (2003) dalam Angreni 2009, secara garis besar air buangan dapat dikelompokkan menjadi sebagai berikut:

- 2 Air buangan yang bersumber dari rumah tangga (*Domestic Wastes Water*), yaitu air limbah yang berasal dari pemukiman penduduk. Pada umumnya air limbah ini terdiri dari ekskreta (tinja dan air seni), air bekas cucian dapur dan kamar mandi, dan umumnya terdiri bahan-bahan organik.
- 3 Air buangan industri (*Industrial Waste Water*), yang berasal dari berbagai jenis industri akibat proses produksi. Zat-zat yang terkandung

di dalamnya sangat bervariasi sesuai dengan bahan baku yang dipakai oleh masing-masing industri.

- 4 Air buangan kotapraja (*Municipal Waste Water*), yaitu air buangan yang berasal dari daerah perkotaan, perdagangan, hotel, restoran, tempat-tempat umum, tempat-tempat ibadah dan sebagainya. Pada umumnya zat-zat yang terkandung dalam jenis air limbah ini sama dengan air limbah rumah tangga.

Air limbah yang tidak ditampung dan diolah dengan benar dapat mencemarkan lingkungan yang berimbas kepada kesehatan makhluk hidup di sekitarnya. Efek yang mungkin terjadi kepada makhluk hidup tidak dapat disepelekan karena memungkinkan terjadi akumulasi pada ekosistem, sehingga kontaminasi yang terjadi akan terus menumpuk dan bertambah kadarnya dalam ekosistem sedikit demi sedikit.

Kontaminasi air limbah yang terjadi memiliki parameter yang beragam. Dalam hal toksisitas, kontaminan berupa logam berat memiliki toksisitas yang paling tinggi yang dapat menyebabkan metabolisme makhluk hidup terganggu dan masuk terakumulasi dalam rantai makanan. Kadar logam berat di dalam tubuh manusia merupakan hal yang harus dicermati tingkatnya. Kadar logam berat yang berlebihan dapat menyebabkan disfungsi pada metabolisme dan menyebabkan keracunan. Hal ini bahkan dapat menyebabkan kematian bagi manusia dan sulit untuk menanganinya jika sudah terjadi dalam dosis yang sangat tinggi.

Tingkat pencemaran air limbah juga dapat dilihat dari parameter BOD dan COD-nya, dimana jika kadar oksigen terlarut dalam air rendah akibat kontaminasi dapat menyebabkan makhluk air tidak dapat bertahan hidup. Kematian makhluk air ini akan berpengaruh besar terhadap *biodegradasi* yang mungkin terjadi dan merusak rantai makanan sehingga dapat berakibat pada ekosistem secara keseluruhan (Niebor and Richardson, 1972). Berikut contoh parameter limbah cair :

1. BOD

BOD didefinisikan sebagai jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menstabilkan materi organik yang dapat terdekomposisi di bawah kondisi aerobik. (Sawyer.2003)

Biochemical Oxygen Demand merupakan analisis biokimiawi yang dilakukan untuk menentukan aproksimasi kuantitas oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri aerob untuk menstabilisasi kandungan materi organik pada kondisi aerob secara biologis. Dalam analisis BOD dilakukan pula pengukuran kandungan oksigen terlarut (DO) yang digunakan mikroorganisme dalam reaksi oksidasi biokimiawi terhadap materi organik, dan standar yang digunakan adalah reaksi oksidasi dalam kurun waktu 5 hari pada suhu 20°C.

2. COD

COD adalah banyaknya oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi senyawa organik secara kimiawi. Hasil analisis COD menunjukkan kandungan senyawa organik yang terdapat dalam air limbah. Ada beberapa alasan dilakukannya analisis COD pada air limbah, antara lain (Metcalf & Eddy, 2003) :

- Ada beberapa materi yang tidak dapat dioksidasikan biologi, seperti glukosa dan lignin, akan teroksidasi secara kimiawi.
- Nilai COD yang tinggi akan disebabkan oleh tingginya kadar materi organik yang dioksidasi oleh dikromat.

Dalam analisis COD dilakukan proses oksidasi asam dari air limbah menggunakan potasium dikromat. Pada umumnya nilai COD akan lebih tinggi daripada BOD karena keberadaan senyawa pengoksidasi kuat akan mengoksidasi seluruh materi-materi *biodegradable*.

3. Minyak dan Lemak

Dalam air limbah kandungan minyak dan lemak harus disisihkan karena bila tidak akan mengganggu kehidupan biologi atau ekosistem air pada badan air penerima tempat dimana effluent air limbah dibuang.

4. Amonia

Amonia pada air limbah merupakan campuran gas amonia terlarut (NH_3) dan ion amonium (NH_4^+) biasanya masing-masing disebut sebagai amonia bebas dan amonia ion. Total amonia merupakan NH_3 dan NH_4^+ . Keberadaan amonia di suatu larutan dalam bentuk ion amonium (NH_4^+) dan gas amonia terlarut (NH_3) bergantung dari pH larutan, sesuai dengan reaksi kesetimbangan berikut:



Jumlah relatif amonia dan ion amonium di air ditentukan oleh pH dari air. pH air menurun ion amonium naik pH dari air meningkat amonia naik, pada nilai pH 9,4 atau lebih tinggi amonia tersedia dalam jumlah yang banyak. Amonia dapat bersifat racun bagi kehidupan akuatik walaupun dalam jumlah yang rendah. Amonia juga merupakan penyumbang dalam proses eutrofikasi dan menyebabkan kebutuhan oksigen yang tinggi pada badan air penerima. Amonia bersifat sangat racun terhadap ikan, sedangkan amonium, bentuk amonia yang terionisasi tidak berbahaya.

5. pH (Tingkat Keasaman)

Konsentrasi ion hidrogen merupakan salah satu parameter yang penting pada air limbah. Rentang konsentrasi ion hidrogen yang sesuai untuk keberlangsungan kehidupan biologi dalam air limbah cukup rendah dan kritis yaitu antara 6-9. Air limbah dengan konsentrasi hidrogen yang ekstrim akan sulit untuk dilakukan pengolahan secara biologis, dan jika konsentrasi tersebut tidak diubah sebelum dilakukan pembuangan (*discharge*), maka effluent air limbah dengan konsentrasi ion hidrogen yang ekstrim akan sulit untuk dilakukan pengolahan secara biologi. Selain itu jika konsentrasi tersebut tidak diubah sebelum dilakukan pembuangan, maka *effluent* air limbah dapat mengubah tingkat keasaman dalam badan air penerima.

6. Temperatur

Temperatur adalah ukuran panas atau dinginnya air limbah. Temperatur merupakan parameter yang sangat penting dikarenakan efeknya terhadap reaksi kimia, laju reaksi, kehidupan organisme air dan penggunaan air untuk berbagai aktivitas sehari-hari. Terjadinya reaksi kimia yang sejalan dengan meningkatnya temperatur, ditambah dengan terjadinya penurunan kuantitas oksigen pada air permukaan, dapat menyebabkan penurunan konsentrasi oksigen terlarut dalam air limbah. (Metcalf and Eddy, 2003)

7. Fenol

Fenol adalah zat kristal tak berwarna yang memiliki bau khas & merupakan senyawa organik yang sangat beracun.

8. Sulfida

Sulfida merupakan hasil-hasil pembusukan zat organik dan juga akibat dari penurunan kadar belerang. Ion S_2^- tidak pernah ditemukan dalam perairan alami yang bersifat normal. Ion Sulfida mempunyai afinitas tinggi dengan banyak logam-logam berat dan pengendapan dari logam - logam sulfida sering kali terbentuknya H_2S .

2.2 Outlet Water IPAL PT. Pertamina RU IV Cilacap

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 19 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Minyak Dan Gas Serta Panas Bumi, Air Limbah adalah limbah dalam bentuk cair yang dihasilkan oleh usaha dan/atau kegiatan di bidang minyak dan gas serta panas bumi yang dibuang ke lingkungan.

Limbah cair adalah limbah berupa cairan yang berasal dari hasil buangan dari bahan-bahan yang telah terpakai dari suatu proses produksi industri domestik / rumah tangga, pertanian, serta pengolahan minyak bumi yang akan menghasilkan limbah yang tercampur dan terlarut didalam air. Dalam proses pengolahan minyak bumi dan gas pasti akan menghasilkan limbah cair yang

harus dilakukan proses pengolahan agar tidak menimbulkan pencemaran dan tidak merusak lingkungan dengan diantaranya diolah pada unit IPAL. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) adalah sebuah struktur yang dirancang untuk membuang limbah biologis dan kimiawi dari air sehingga memungkinkan air tersebut digunakan pada aktivitas yang lain. Limbah cair Outlet Clean Water IPAL PT Pertamina RU IV Cilacap merupakan hasil proses pada unit IPAL PT Pertamina RU IV Cilacap yang merupakan produk akhir yang diproses untuk menghilangkan berbagai macam kandungan berbahaya dengan cara fisika, kimia, dan biologi setelah itu nantinya akan dibuang ke lingkungan. Untuk itu dilakukan pemantauan kandungan yang terdiri dari berbagai parameter yaitu BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), Minyak dan Lemak, Sulfida, Amonia, Fenol, Temperatur, dan pH.

Standart Baku mutu air limbah bagi usaha dan/kegiatan minyak dan gas serta panas bumi telah ditetapkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 19 Tahun 2010. Baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan pengolahan minyak bumi terlihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 : Baku Mutu Air Limbah Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 19 Tahun 2010

PARAMETER	KADAR MAKSIMUM (mg/L)	BEBAN PENCEMARAN MAKSIMUM (gram/m ³)	METODE PENGUKURAN
BOD 5	80	80	SNI 06-2503-1991
COD	160	160	SNI 06-6989:2-2004 atau SNI 06-6989:15-2004 atau APHA 5220
Minyak dan Lemak	20	20	SNI 06-6989.10-2004
Sulfida Terlarut (sebagai H ₂ S)	0,5	0,5	SNI 06-2470-1991 atau APHA 4500-S ²⁻
Amonia (sebagai NH ₃ -N)	8	8	SNI 06-6989.30-2005 atau APHA 4500-NH ₃
Phenol Total	0,8	0,8	SNI 06-6989.21-2005
Temperatur	45 ^o C		SNI 06-6989.23-2005
pH	6 - 9		SNI 06-6989.11-2004
Volume Air Limbah per satuan volume bahan baku maksimum	1000 m ³ per 1000 m ³ bahan baku minyak		

2.3 Unit IPAL PT. Pertamina RU IV Cilacap

Proses pengolahan air limbah di IPAL PT Pertamina (Persero) RU IV Cilacap adalah suatu proses pengolahan limbah cair *produced water* yang berasal dari unit *Sour Water System* (SWS) dan unit *Desalter Fuel Oil Complex* (FOC) I dan FOC II. Metode yang digunakan adalah metode lumpur aktif yang bertujuan mengurangi pencemar yang terkandung di dalam air limbah sesuai dengan standar yang mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Lampiran III No 19 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah Usaha Minyak, Gas, dan Panas Bumi sehingga aman dibuang ke lingkungan. Baku mutu lingkungan dapat dilihat pada Lampiran. Diagram alir IPAL PT

Pertamina RU IV Cilacap terdiri dari beberapa proses dengan debit air limbah yang masuk ke IPAL yaitu 4.000 m³/hari. Diagram alir IPAL PT Pertamina RU IV Cilacap seperti terlihat pada Lampiran.

Adapun proses pengolahan tersebut adalah sebagai berikut:

1. *API (American Petroleum Institute) Separator*

Air limbah yang masuk ke *API Separator (A/B)* berasal dari *desalter* FOC I dan FOC II dengan laju 66 m³/jam dengan tujuan memisahkan *free-oil* (minyak yang terapungkan dengan sendirinya) dari air dengan mengandalkan gaya gravitasi. Air limbah yang masuk ke dalam *API Separator (A/B)* harus memiliki konsentrasi *suspended solid* yang rendah. *Outlet* dari *API Separator* yaitu:

- a. Lumpur mengalir menuju pengental pasir
- b. Minyak masuk ke tangki penampung minyak
- c. Air limbah mengalir menuju *CPI Separator (A/B)* Unit ini terdiri dari 2
- d. Tangki pengolahan dengan dimensi (p x l x t) 19,0 m x 2,0 m x 1,5 m

2. *Pengental Pasir*

Unit ini berbentuk tabung dengan dimensi (d x t) 5,0 m x 5,4 m. Lumpur yang masuk ke pengental pasir berasal dari *API Separator (A/B)* dengan laju 6 m³/jam. Bertujuan menyisahkan lumpur secara fisik, yaitu menggunakan perbedaan densitas dimana lumpur/padatan tersuspensi akan mengendap. Lumpur yang dihasilkan akan lebih kental dan air yang keluar dari unit ini akan lebih jernih. Lumpur diproses lebih lanjut di *belt filter press primary*. Unit ini dilengkapi dengan peralatan *scraper*.

3. *Belt Filter Press Primary*

Unit ini berbentuk balok dengan dimensi (p x l x t) 6,8 m x 6,3 m x 3,5 m. Lumpur yang masuk ke *belt filter press primary* berasal dari tangki pengental pasir dengan laju 0,3 m³/jam akan bergabung dengan lumpur yang berasal dari *DAF (A/B)* dengan laju 0,003 m³/jam. Berperan dalam proses *dewatering* lumpur yang terdiri dari tiga tahap, yaitu

pengkondisian secara kimia, pengeringan kandungan air berlebih, dan penekanan lumpur. Unit ini berfungsi mengurangi kadar air pada lumpur. Total lumpur yang diproses di unit ini bernilai 0,303 m³/jam.

4. CPI (*Corrugated Plate Interceptor*) Separator

Air limbah yang masuk ke CPI Separator (A/B) berasal dari API Separator (A/B) dengan laju 65,7 m³/jam. Bertujuan mengurangi dan memisahkan minyak yang terbawa air buangan dengan bantuan CPI Pack. Outlet dari CPI Pack, yaitu:

- a. Air limbah dialirkan ke tangki ekualisasi
- b. Minyak terflotasi dialirkan ke tangki penampung minyak

Unit ini berbentuk balok dengan dimensi(P*L*T) 6,8 m x 6,3 m x 3,5 m

5. Tangki Penampung Minyak

Unit ini bertujuan menyimpan sementara minyak mentah atau minyak hasil pemisahan dari unit API Separator, CPI Separator, dan DAF. Total minyak yang terkumpul di tangki ini bernilai 0,23 m³/jam. Inlet pada tangki penampung minyak berasal dari beberapa unit, yaitu:

- a. Minyak yang terflotasi di API Separator (A/B) dengan laju 0,2 m³/jam
- b. Minyak yang berasal dari CPI Separator (A/B) dengan laju 0,02 m³/jam
- c. Minyak dari pengolahan di DAF (A/B) dengan laju 0,01 m³/jam

Unit ini berbentuk tabung dengan dimensi (d x t) 1,8 m x 3,3 m

6. Tangki Ekualisasi

Unit ini berbentuk balok dengan dimensi (p x l x t) 60,0 m x 20,0 m x 5,0 m. Total limbah yang diolah di tangki ini bernilai 172 m³/jam.

Air limbah yang masuk ke tangki ekualisasi berasal dari:

- a. Air limbah dari CPI Separator (A/B) dengan laju 65,7 m³/jam
- b. Air limbah dari SWS, FOC I, dan FOC II dengan laju 101 m³/jam
- c. Air limbah dari *sludge thickener* (A/B) dan *belt filter press primary & secondary* dengan laju 5,3 m³/jam

Air limbah dari berbagai sumber tersebut masuk ke tangki ekualisasi masih mengandung bahan organik yang belum memenuhi baku mutu, untuk itu pada unit ini air limbah dihomogenkan karakteristiknya guna menghindari *shock loading*. Tangki ekualisasi ini dilengkapi dengan 3 buah aerator.

7. DAF (*Dissolved Air Flotation*)

Unit DAF ini berbentuk balok dengan dimensi (p x l x t) 11,15 m x 2,15 m x 2,85 m. Air limbah yang masuk ke DAF (A/B) berasal dari tangki ekualisasi dengan laju 171,6 m³/jam. DAF (A/B) bertujuan menyisahkan *suspended solid* yang mengandung minyak dari limbah cair, yaitu mengangkat partikel-partikel kecil yang tidak dapat mengendap secara gravitasi dengan cara menginjeksikan udara dari dasar tangki sehingga partikel-partikel *emulsified oil* tersebut akan menempel pada gelembung udara. Pada sistem ini, udara dilarutkan ke dalam limbah cair dengan tekanan cukup tinggi (40-60 psi) dan kemudian dilepaskan pada tekanan atmosfer di dalam tangki pengapungan.

8. Tangki Aerasi

Unit ini berbentuk balok dengan dimensi (p x l x t) 60,0 m x 19,8 m x 6,0 m. Air limbah yang masuk ke tangki aerasi berasal dari DAF (A/B) dengan laju 172 m³/jam. Dikarenakan kadar organik air limbah masih sangat tinggi maka pada unit ini dilakukan pengolahan secara biologi karena pengolahan secara biologi dinilai sangat efektif dalam menyisahkan polutan organik. Proses pengolahan organik yang digunakan yaitu secara aerob, yaitu proses pengolahan organik oleh mikroorganisme dalam suasana yang kaya akan oksigen. Bertujuan mengurangi dan menghilangkan polutan organik (KOB dan KOK) yang terdapat dalam air limbah dengan bantuan mikroorganisme.

9. Tangki Sedimentasi

Air limbah yang masuk ke tangki sedimentasi berasal dari tangki aerasi dengan laju 245,5 m³/jam. Unit tangki sedimentasi berfungsi meningkatkan pengolahan air buangan melalui pemisahan lumpur aktif

dari *outlet* aerasi dan mengentalkan lumpur yang akan diresirkulasi kembali. Air limbah dari tangki aerasi masih mengandung lumpur aktif yang mengandung mikroorganisme. Agar mendapatkan air yang jernih dan memenuhi standar baku mutu organik, maka lumpur mikroorganisme diendapkan secara gravitasi. *Outlet* dari tangki sedimentasi, yaitu:

- a. Lumpur hidup yang diresirkulasikan kembali menuju tangki aerasi
- b. dengan laju $74 \text{ m}^3/\text{jam}$
- c. Lumpur mati dibuang ke *sludge thickener* (A/B)
- d. Air hasil pengolahan menuju *clean water tank*

Unit ini berbentuk tabung dengan dimensi (d x t) $4,0 \text{ m} \times 4,5 \text{ m}$.

10. *Sludge Thickener* (A/B)

Unit ini berfungsi mengurangi kadar air lumpur dengan meningkatkan kadar solid lumpur tersebut, sehingga dapat mengurangi volume lumpur yang akan diolah. Lumpur mati dari proses biologi yang keluar dari tangki sedimentasi (A/B) kemudian masuk ke pengental lumpur (*sludge thickener*) (A/B) dengan laju $5,6 \text{ m}^3/\text{jam}$. Dengan penambahan polimer, lumpur akan menjadi lebih kental dan kemudian dialirkan menuju *belt filter press secondary*. *Cake* yang keluar dari *belt filter press secondary* dikumpulkan dan dibuang ke *landfill* karena mengandung zat organik, sedangkan airnya dikembalikan ke tangki ekualisasi.

11. *Belt Filter Press Secondary*

Lumpur yang masuk ke *belt filter press secondary* berasal dari *sludge thickener* (A/B) dengan laju $1,9 \text{ m}^3/\text{jam}$. Bertujuan mengurangi kadar air dalam lumpur.

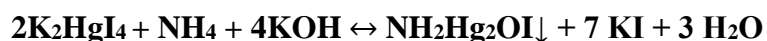
12. *Clean Water Tank*

Unit ini berbentuk balok dengan dimensi (p x l x t) $26,0 \text{ m} \times 11,0 \text{ m} \times 4,0 \text{ m}$. Air bersih yang masuk ke *clean water tank* berasal dari pengolahan akhir tangki sedimentasi dengan laju $166 \text{ m}^3/\text{jam}$. Berfungsi

sebagai tempat ekualisasi aliran dan tekanan untuk disalurkan menuju tangki berikutnya atau kebutuhan lain serta menampung air limbah hasil pengolahan. Kapasitas yang harus dimiliki unit ini minimal sesuai dengan debit air limbah yang diolah. Air dari *clean water tank* akan dialirkan menggunakan pompa ke *cooling tower* dan *holding basin*.

2.4 Amonia (NH₃)

Amonia (NH₃) merupakan senyawa nitrogen. Pada bentuk cairan, amonia terdapat dalam 2 bentuk yaitu amonia bebas atau tidak terionisasi (NH₃) dan dalam bentuk ion amonia (NH₄⁺). Kadar amonia yang tinggi pada air sungai selalu menunjukkan adanya pencemaran. Rasa NH₃ kurang enak, sehingga kadar NH₃ harus rendah; pada air minum kadarnya harus nol dan pada air sungai harus di bawah 0,5 mg/l N (syarat mutu air sungai di Indonesia). NH₃ tersebut dapat dihilangkan sebagai gas melalui aerasi atau reaksi dengan asam hipoklorik HOCl atau kaporit dan sebagainya, hingga menjadi kloramin yang tidak berbahaya atau sampai menjadi N₂. Amonia (NH₃) dan garam-garamnya bersifat mudah larut dalam air. Ion amonium adalah bentuk transisi dari amonia. Amonia banyak digunakan dalam proses produksi urea, industri bahan kimia (asam nitrat, amonium fosfat, amonium nitrat, dan amonium sulfat), serta industri bubur kertas dan kertas. Sumber amonia di perairan adalah pemecahan nitrogen organik (protein dan urea) dan nitrogen anorganik yang terdapat di dalam tanah dan air, yang berasal dari dekomposisi bahan organik (tumbuhan dan biota akuatik yang telah mati) oleh mikroba. Dalam pemeriksaan kadar Ammonium menggunakan metode Nessler secara kolorimetri reaksi Ammonium dengan *reagen Nessler*:



Endapan yang terjadi adalah merkuri (II) amidiodida basa (NH₂Hg₂OI) yang berwarna kuning cokelat.

2.5 Adsorpsi dan Adsorben

2.5.1 Pengertian Adsorpsi

Adsorpsi secara umum adalah proses penggumpalan substansi terlarut (*soluble*) yang ada dalam larutan, oleh permukaan zat atau benda penyerap, dimana terjadi suatu ikatan kimia fisika antara substansi dengan penyerapannya. Adsorpsi menggunakan istilah adsorben dan adsorbat, dimana adsorben merupakan suatu penyerap yang dalam hal ini berupa senyawa karbon, sedangkan adsorbat adalah suatu media yang diserap (Soedarsono dan Syahputra, 2005).

Adsorpsi dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu (Treybal, 1980) :

1. Adsorpsi fisika. Merupakan adsorpsi yang terjadi karena adanya gaya Van der Waals. Gaya Van der Waals merupakan gaya tarik menarik yang relatif lemah antara adsorbat dengan permukaan adsorben. Pada adsorpsi fisika, adsorbat tidak terikat kuat pada adsorben sehingga adsorbat dapat bergerak dari suatu bagian permukaan adsorben ke bagian permukaan adsorben lainnya dan pada permukaan yang ditinggalkan oleh adsorbat tersebut dapat digantikan oleh adsorbat lainnya. Adsorpsi fisika merupakan peristiwa yang reversibel sehingga jika kondisi operasinya diubah, maka akan membentuk kesetimbangan yang baru. Proses adsorpsi fisika terjadi tanpa memerlukan energi aktivasi. Ikatan yang terbentuk dalam adsorpsi ini dapat diputuskan dengan mudah yaitu dengan pemanasan pada temperatur sekitar 150-200°C selama 2-3 jam.
2. Adsorpsi kimia. Adalah adsorpsi yang terjadi karena terbentuknya ikatan kimia antara molekul-molekul adsorbat dengan adsorben. Ikatan yang terbentuk merupakan ikatan yang kuat sehingga lapisan yang terbentuk merupakan lapisan *monolayer*. Pada adsorpsi kimia yang terpenting adalah spesifikasi dan kepastian pembentukan *monolayer* sehingga pendekatan yang digunakan adalah dengan menentukan kondisi reaksi. Hal tersebut dapat mengatur hanya adsorpsi kimia saja yang terjadi dan hanya membentuk *monolayer*. Adsorpsi kimia bersifat tidak *reversibel*

dan umumnya terjadi pada suhu tinggi di atas suhu kritis adsorbat. Oleh karena itu, untuk melakukan proses desorpsi dibutuhkan energi yang lebih tinggi untuk memutuskan ikatan yang terjadi antara adsorben dengan adsorbat.

Faktor-faktor yang mempengaruhi daya adsorpsi suatu adsorben, yaitu (Treybal, 1980) :

1. Jenis Adsorbat

a. Ukuran molekul adsorbat

Merupakan hal yang sangat penting diperhatikan supaya proses adsorpsi dapat terjadi dan berjalan dengan baik. Ukuran molekul adsorbat nantinya mempengaruhi ukuran pori dari adsorben yang digunakan. Molekul-molekul adsorbat yang dapat diadsorpsi adalah molekul-molekul yang diameternya lebih kecil dari diameter pori adsorben.

b. Kepolaran zat

Sifat kepolaran dari adsorbat dan adsorben juga mempengaruhi proses adsorpsi. Misalnya karbon aktif, untuk molekul yang berdiameter sama, molekul-molekul nonpolar lebih kuat diadsorpsi oleh karbon aktif daripada molekul-molekul yang polar.

2. Karakteristik Adsorben

a. Kemurnian adsorben

Sebagai zat yang digunakan untuk mengadsorpsi, maka adsorben yang lebih murni lebih diinginkan karena memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih baik.

b. Luas permukaan dan volume pori adsorben

Jumlah molekul adsorbat yang teradsorpsi meningkat dengan bertambahnya luas permukaan dan volume pori adsorben. Dalam proses adsorpsi, adsorben seringkali ditingkatkan luas permukaannya karena luas permukaan adsorben merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi proses adsorpsi.

3. Temperatur

Berdasarkan prinsip Le Chatelier, maka proses adsorpsi yang merupakan proses eksotermis, dengan peningkatan temperatur pada tekanan tetap akan mengurangi jumlah senyawa yang teradsorpsi.

4. Tekanan Adsorbat

Pada adsorpsi fisika, jumlah zat yang diadsorpsi akan bertambah seiring dengan naiknya tekanan adsorbat, sedangkan pada adsorpsi kimia, jumlah zat yang diadsorpsi akan berkurang dengan menaikkan tekanan adsorbat.

2.5.2 Isoterm Adsorpsi

Adsorpsi pada umumnya disangkut pautkan dengan isoterm adsorpsi. Secara umum isoterm adsorpsi diartikan sebagai fungsi konsentrasi zat terlarut yang terjerap pada padatan terhadap konsentrasi larutan. Tipe isoterm adsorpsi dapat digunakan untuk mempelajari mekanisme adsorpsi. Adsorpsi fase cair-padat pada umumnya mengikuti tipe isoterm Freundlich dan Langmuir.

1. Isoterm Adsorpsi Langmuir

Model kinetika adsorpsi Langmuir ini berdasarkan pada asumsi sebagai berikut, laju adsorpsi akan bergantung pada factor ukuran dan struktur molekul adsorbat, sifat pelarut dan porositas adsorben, situs pada permukaan yang homogen dan adsorpsi terjadi secara monolayer. Proses adsorpsi heterogen memiliki dua tahap yaitu:

- a. Perpindahan adsorbat dari fasa larutan ke permukaan adsorben
- b. Adsorpsi pada permukaan adsorben.

Tahap pertama akan bergantung pada sifat pelarut dan adsorbat yang terkontrol (Oscik,1982).

Bagian yang terpenting dalam proses adsorpsi yaitu situs yang dimiliki oleh adsorben yang terletak pada permukaan, akan tetapi jumlah situs-situs ini akan berkurang jika permukaan yang tertutup semakin bertambah jika permukaan yang tertutup semakin bertambah (Husin and

Rosnelly,2005). Persamaan isotherm asorpsi Langmuir tersebut dapat ditulis dalam bentuk persamaan linier:

$$\frac{c}{q} = \frac{K}{q_0} + \frac{1}{q_0} + C$$

Dimana C adalah konsentrasi zat terlarut pada saat kesetimbangan, q adalah jumlah zat yang teradsorpsi per gram adsorben, q₀ adalah daya adsorpsi maksimum dan K adalah tetapan kesetimbangan adsorpsi. Dari kurva linier hubungan antara C/m versus C maka dapat ditentukan nilai b dari kemiringan (slop) dan K dari intersep kurva.

2. Isoterm Adsorpsi Freundlich

Pendekatan isoterm adsorpsi yang umum digunakan dijelaskan oleh Freundlich, jika y adalah berat zat terlarut per gram adsorben dan c adalah konsentrasi zat terlarut dalam larutan. Dari konsep tersebut dapat diturunkan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{X_m}{m} = k \cdot C^{1/n}$$

$$\log\left(\frac{x}{m}\right) = \log k + \frac{1}{n} \cdot \log C$$

Dimana:

X_m = berat zat yang diadsorbsi

m = berat adsorben

C = konsentrasi zat

Kemudian k dan n adalah konstanta adsorpsi yang nilainya bergantung pada jenis adsorben dan suhu adsorpsi. Bila dibuat kurva log x/m terhadap log C akan diperoleh persamaan linear dengan intersep log k dan kemiringan 1/n, sehingga nilai k dan n dapat dihitung.

Isoterm Freundlich didasarkan pada pendapat bahwa adsorben memiliki permukaan heterogen dan tiap molekul mempunyai potensi penyerapan yang berbeda-beda serta pendapat bahwa adsorpsi terjadi secara multilayer pada permukaan adsorben sehingga persamaan isotherm Freundlich sering digunakan dalam penetapan praktis karena umumnya memberikan korelasi yang memuaskan.

2.6 Tempurung Kelapa Sebagai Karbon Aktif

Kelapa merupakan salah satu komoditas andalan Indonesia yang perkembangannya sangat pesat. Dalam industri pengolahan minyak kelapa atau *Crude Palm Oil* (CPO) akan diperoleh limbah industri. Limbah ini digolongkan menjadi limbah padat, cair, dan gas. Salah satu jenis limbah padatnya yaitu cangkang kelapa. Cangkang kelapa merupakan salah satu limbah yang jumlahnya mencapai 60% dari produksi minyak inti. Limbah cangkang kelapa berwarna hitam keabuan, bentuk tidak beraturan, dan memiliki kekerasan cukup tinggi (Purwanto D, 2011). Cangkang kelapa dapat dimanfaatkan sebagai karbon aktif. Karbon aktif dapat dibuat dengan melalui proses karbonisasi pada suhu 550°C selama kurang lebih tiga jam. Karakteristik karbon aktif yang dihasilkan melalui proses tersebut memenuhi SII, kecuali kadar abu. Tingkat keaktifan karbon cukup tinggi. Hal ini terlihat dari daya serap iodnya sebesar 28,9% (Andriati, 2003).

Cangkang kelapa mengandung selulosa sebesar 45% dan hemiselulosa sebesar 26% yang baik untuk dimanfaatkan sebagai arang aktif (Rasmawan, 2009). Menurut Pope (1999), bahan organik yang mengandung lignin, hemiselulosa, dan selulosa dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif karena sangat efektif mengadsorpsi limbah cair. Selain itu lignin dan selulosa sebagian besar tersusun dari unsur karbon yang pada umumnya dapat dijadikan karbon. Cangkang kelapa termasuk bahan berlignoselulosa berkadar karbon tinggi dan memiliki massa jenis lebih daripada kayu sebesar 1,4 g/ml. Dimana semakin besar massa jenis bahan baku, daya serap arang aktif yang dihasilkan akan semakin besar sehingga baik untuk dijadikan arang aktif (Nurmala dan Hartoyo, 1990). Karakteristik tempurung kelapa dijabarkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Karakteristik Tempurung Kelapa

Parameter	Hasil (%)
Kadar air	7,8
Kadar abu	2,2
Kadar yang menguap	69,5
Karbon aktif murni	20,5

Sumber : Kim dkk, 1996

Karbon aktif adalah suatu bahan yang berupa karbon amorf yang mempunyai luas permukaan yang sangat besar, yaitu 200 sampai 200 m²/g. Karbon aktif merupakan salah satu adsorben yang paling sering digunakan pada proses adsorpsi. Hal ini disebabkan karena karbon aktif mempunyai daya adsorpsi dan luas permukaan yang lebih baik dibandingkan adsorben lainnya. Luas permukaan yang besar ini disebabkan karena mempunyai struktur pori-pori. Pori-pori inilah yang menyebabkan karbon aktif mempunyai kemampuan untuk menyerap (Sudibandriyo, 2003).

Karakterisasi karbon aktif adalah sifat dari karbon aktif yang akan mempengaruhi kualitas karbon aktif. Spesifikasi karbon aktif tempurung kelapa dapat terlihat pada Tabel 2.3 dan Tabel 2.4. Karakterisasi ini dapat berupa :

1. Rendemen. Penetapan rendemen karbon bertujuan untuk mengetahui jumlah karbon yang dihasilkan setelah melalui karbonisasi (Pujiarti dan Gentur, 2005). Karbon aktif yang baik akan memberikan nilai rendemen yang tinggi. Terdapatnya rendemen yang rendah dapat disebabkan oleh masih meningkatnya laju reaksi antara karbon dan gas-gas serta banyaknya jumlah senyawa zat menguap yang terlepas.
2. Kadar air. Kadar air merupakan kandungan air dalam arang dengan kondisi kering udara. Pada saat arang keluar dari tungku pengarangan, kadar air yang terkandung sangat kecil, biasanya kurang dari 1%. Proses penyerapan air dari udara sangat cepat, sehingga dalam waktu singkat kadar air mencapai kadar air keseimbangan dengan udara sekitarnya.

Arang yang berkualitas baik yang dipasarkan adalah arang yang mempunyai kadar air 5-10% (Prameidia, 2013). Berdasarkan SII No. 0258-79, karbon aktif yang baik mempunyai kadar air maksimal 10%, sedangkan berdasarkan SNI 06-3730-1995, karbon aktif yang baik mempunyai kadar air maksimal 4,5% untuk granular dan 15% untuk powder.

3. Kadar abu. Karbon aktif yang dibuat dari bahan alam tidak hanya mengandung senyawa karbon saja, tetapi juga mengandung beberapa mineral. Sebagian mineral ini hilang selama proses karbonisasi dan aktivasi, sebagian lagi tertinggal dalam karbon aktif (Jankowska et al, 1991). Kadar abu merupakan jumlah sisa dari akhir proses pembakaran. Residu tersebut berupa zat-zat mineral yang tidak hilang selama proses pembakaran (Prameidia, 2013). Berdasarkan SII No. 0258-79, karbon aktif yang baik mempunyai kadar abu maksimal 2,5%, sedangkan berdasarkan SNI 06-3730-1995, karbon aktif yang baik mempunyai kadar air maksimal 2,5% untuk granular dan 10% untuk powder.
4. Kadar zat terbang atau bagian yang hilang pada pemanasan 950°C. Zat mudah menguap adalah zat selain air, yaitu karbon terikat dan abu yang terdapat di dalam arang, yang terdiri atas cairan dan sisa ter yang tidak habis dalam proses karbonisasi. Kadar zat mudah menguap ini tergantung pada proses pengarangan dan temperatur yang diberikan. Apabila proses karbonisasi lama dan temperatur karbonisasi ditingkatkan akan semakin menurunkan persentase kadar zat menguapnya (Prameidia, 2013). Berdasarkan SII No. 0258-79, karbon aktif yang baik mempunyai kadar zat mudah menguap maksimal 15%, sedangkan berdasarkan SNI 06-3730-1995, karbon aktif yang baik mempunyai kadar air maksimal 15% untuk granular dan 25% untuk powder.
5. Kadar karbon terikat. Kadar karbon terikat adalah fraksi C dalam arang. Kadar karbon terikat dipengaruhi oleh kadar zat mudah menguap dan kadar abu (Prameidia, 2013). Karbon dalam arang adalah zat yang

terdapat pada fraksi padat hasil pirolisis selain abu (zat anorganik) dan zat-zat yang masih terdapat pada pori-pori arang (Saputri, 2013). Semakin besar kadar zat mudah menguap dan kadar abu maka akan menurunkan kadar karbon terikat (Prameidia, 2013). Berdasarkan SNI 06-3730-1995, karbon aktif yang baik mempunyai kadar karbon aktif murni minimal 80% untuk granular dan 65% untuk powder.

6. Daya serap terhadap I₂. Adsorpsi iodine telah banyak dilakukan untuk menentukan kapasitas adsorpsi karbon aktif. Angka iodine didefinisikan sebagai jumlah milligram iodine yang diadsorpsi oleh satu gram karbon aktif. Daya serap atau adsorpsi karbon aktif terhadap iodine mengindikasikan kemampuan karbon aktif untuk mengadsorpsi komponen dengan berat molekul rendah (Miranti, 2012). Jika dimisalkan konsentrasi filtrat adalah 0,02 N, pada metode ini diasumsikan bahwa iodine berada dalam kesetimbangan pada konsentrasi 0,02 N, yaitu dengan terbentuknya lapisan tunggal (*monolayer*) pada permukaan karbon aktif dan inilah yang menjadi alasan mengapa terdapat hubungan antara bilangan iodine dengan luas permukaan spesifik karbon aktif (Jankowska et al., 1991). Karbon aktif dengan kemampuan menyerap iodine yang tinggi berarti memiliki luas permukaan yang lebih besar dan juga memiliki struktur mikro dan mesoporous yang lebih besar (Miranti, 2012).

Tabel 2.3 Standar Kualitas Karbon Aktif Menurut SII. 0258-79

Jenis	Persyaratan
Bagian yang hilang pada pemanasan 950 ⁰ C	Maksimum 15%
Air	Maksimum 10%
Abu	Maksimum 2,5%
Bagian yang tidak diperarang	Tidak nyata
Daya serap terhadap I ₂	Minimum 20%

Sumber : Sembiring dan Sinaga, 2003

Tabel 2.4 Standar Kualitas Karbon Aktif Menurut SNI. 06-3730-1995

Jenis	Persyaratan	
	Butiran	Serbuk
Bagian yang hilang pada pemanasan 950°C, %	Maks. 15%	Maks. 25%
Kadar Air, %	Maks. 4,5%	Maks. 15%
Kadar Abu, %	Maks. 2,5%	Maks. 10%
Bagian tidak mengarang	Tidak nyata	Tidak nyata
Daya serap terhadap I ₂ , mg/g	Min. 750	Min. 750
Karbon aktif murni, %	Min. 80	Min. 65
Daya serap terhadap benzen, %	Min. 25	-
Daya serap terhadap biru metilen, mg/g	Min. 60	Min. 120
Kerapatan jenis curah, g/ml	0,45-0,55	0,3-0,35
Lolos mesh 325, %	-	-
Jarak mesh, %	90	-
Kekerasan, %	80	-

Pembuatan karbon aktif dilakukan dengan metode berikut :

a. Dehidrasi

Dehidrasi bertujuan untuk menghilangkan air yang terkandung di dalam bahan baku. Caranya yaitu dengan menjemur di bawah sinar matahari atau pemanasan di dalam oven sampai diperoleh bobot konstan. Dari proses dehidrasi ini, diperoleh bahan baku yang kering. Hal ini disebabkan oleh kandungan air dalam bahan baku semakin sedikit (Miranti, 2012).

b. Karbonisasi

Karbonisasi atau pengarang adalah suatu proses pemanasan pada suhu tertentu dari bahan-bahan organik dengan jumlah oksigen sangat terbatas, biasanya dilakukan dalam *furnace*. Proses ini menyebabkan terjadinya penguraian senyawa organik yang menyusun struktur

bahan membentuk metanol, uap asam asetat, tar-tar, dan hidrokarbon. Material padat yang tinggal setelah karbonisasi adalah karbon dalam bentuk arang dengan pori-pori yang sempit (Cheremisinoff, 1993). Pada proses karbonisasi, arang yang dihasilkan mempunyai daya serap rendah karena masih ada senyawa pengotor diantaranya hidrokarbon, air, dan oksida-oksida (Sembiring, 2003).

Menurut Astuti (1990) dijelaskan bahwa secara umum proses karbonisasi sempurna adalah pemanasan bahan baku tanpa adanya udara sampai temperatur cukup tinggi untuk mengeringkan dan menguapkan senyawa. Selama karbonisasi banyak elemen nonkarbon, hidrogen, dan oksigen diubah menjadi gas oleh 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 diantaranya dan rupanya hasil dari penumpukan dan dekomposisi bahan-bahan tar ini mengotori atau paling sedikit memblokir karbon yang tidak terorganisasi (*amorph*). Bahan karbon yang demikian kemudian dapat diaktivasi secara parsial dengan mengubah produk tar dengan memanaskannya dalam aliran gas *inert*, atau dengan mengekstraksinya menggunakan *solvent* yang sesuai, atau dengan reaksi kimia (Rodriguez, 1993).

Menurut Sudrajat dan Salim (1994), karbonisasi terdiri dari empat tahap, yaitu :

1. Pada suhu 100–120°C terjadi penguapan air dan sampai suhu 270°C mulai terjadi peruraian selulosa. Distilat mengandung asam organik dan sedikit metanol. Asam cuka terbentuk pada suhu 200-270°C.
2. Pada suhu 270-310°C reaksi eksotermik berlangsung dimana terjadi peruraian selulosa secara intensif menjadi larutan piroligant, gas kayu dan sedikit tar. Asam merupakan asam organik dengan

titik didih rendah seperti asam cuka dan metanol sedang gas kayu terdiri dari CO dan CO₂.

3. Pada suhu 310-500°C terjadi peruraian lignin, dihasilkan lebih banyak tar sedangkan larutan pirolignat menurun, gas CO₂ menurun sedangkan gas CO, CH₄ dan H₂ meningkat.
4. Pada suhu 500-1000°C merupakan tahap dari pemurnian arang atau kadar karbon.

Menurut Kurniati (2008), faktor-faktor yang mempengaruhi proses karbonisasi, yaitu :

1. Waktu karbonisasi. Bila waktu karbonisasi diperpanjang maka reaksi pirolisis semakin sempurna sehingga hasil arang semakin turun tetapi cairan dan gas makin meningkat. Waktu karbonisasi berbeda beda tergantung pada jenis-jenis dan jumlah bahan yang diolah. Misalnya tempurung kelapa 3 jam (BPPI Bogor, 1980), sekam padi kira-kira 2 jam (Joni TL dkk, 1995) dan tempurung kemiri 1 jam (Bardi M dan A Mun'im, 1999).
2. Suhu karbonisasi. Suhu karbonisasi yang berpengaruh terhadap hasil arang karena semakin tinggi suhu, arang yang diperoleh makin berkurang tapi hasil cairan dan gas semakin meningkat. Hal ini disebabkan oleh makin banyaknya zat-zat terurai dan yang teruapkan. Untuk tempurung kemiri suhu karbonisasi 400°C (Bardi M dan A Mun'im, 1999), dan tempurung kelapa suhu karbonisasi 600°C (BPPI Bogor, 1980).

c. Aktivasi

Aktivasi adalah perubahan secara fisik dimana luas permukaan dari karbon meningkat dengan tajam dikarenakan terjadinya penghilangan senyawa tar dan senyawa sisa-sisa pengarangan (Shreve, 1997). Daya serap karbon aktif semakin kuat bersamaan dengan meningkatnya

konsentrasi dari aktivator yang ditambahkan. Hal ini memberikan pengaruh yang kuat untuk mengikat senyawa-senyawa tar keluar melewati mikro pori-pori dari karbon aktif sehingga permukaan dari karbon aktif tersebut semakin lebar atau luas yang mengakibatkan semakin besar pula daya serap karbon aktif tersebut (Tutik dan Faizah, 2001).

Metoda aktivasi yang umum digunakan dalam pembuatan arang aktif adalah:

1. Aktivasi kimia, yaitu proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan pemakaian bahan-bahan kimia (Sembiring dan Sinaga, 2003). Pada cara ini, proses aktivasi dilakukan dengan mempergunakan bahan kimia sebagai *activating agent*. Aktivasi arang ini dilakukan dengan merendam arang ke dalam larutan kimia, misalnya $ZnCl_2$, HNO_3 , KCl , dll. Sehingga bahan kimia akan meresap dan membuka permukaan arang yang semula tertutup oleh deposit tar (Tutik dan Faizah, 2001).
2. Aktivasi termal atau fisika, yaitu proses aktivasi yang melibatkan adanya gas pengoksidasi seperti udara pada temperatur rendah, uap, CO_2 , atau aliran gas pada temperatur tinggi. Proses aktivasi fisika melibatkan gas pengoksidasi seperti pembakaran menggunakan suhu yang rendah dan uap CO_2 atau pengaliran gas pada suhu yang tinggi. Tetapi pada suhu aktivasi yang terlalu tinggi beresiko terjadinya oksidasi lebih lanjut pada karbon sehingga merusak ikatan C-C dalam bidang lempeng heksagonal karbon yang akan menurunkan luas permukaan internal (Diao dkk, 2002).

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses aktivasi, yaitu :

1. Waktu perendaman. Perendaman dengan bahan aktivasi ini dimaksudkan untuk menghilangkan atau membatasi pembentukan

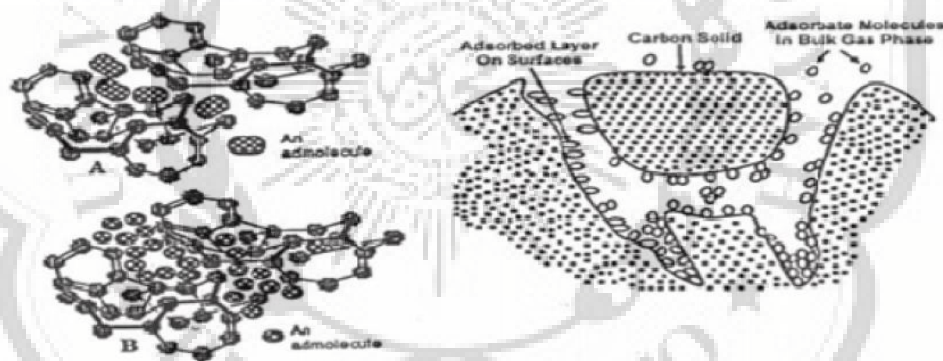
lignin, karena adanya lignin dapat membentuk senyawa tar. Waktu perendaman untuk bermacam-macam zat tidak sama (Kurniati, 2008). Misalnya sekam padi dengan aktivator NaCl direndam selama 24 jam (Majalah kulit, karet dan plastik, 2003), Sani (2011) melakukan penelitian pembuatan karbon aktif dari tanah gambut dengan aktivator H₂SO₄ didapat waktu aktivasi yang paling efektif adalah 2,5 jam, Salamah (2008) melakukan penelitian yaitu pembuatan karbon aktif dari kulit buah mahoni dengan aktivator KOH didapat waktu perendaman yang paling efektif adalah 4 jam, H₃PO₄ lamanya perendaman sekitar 12-24 jam (Sudrajat dan Salim, 1994).

2. Konsentrasi aktivator. Semakin tinggi konsentrasi larutan kimia aktivasi maka semakin kuat pengaruh larutan tersebut mengikat senyawa-senyawa tar sisa karbonisasi untuk keluar melewati mikro pori-pori dari karbon sehingga permukaan karbon semakin porous yang mengakibatkan semakin besar daya adsorpsi karbon aktif tersebut (Kurniati, 2008).
3. Ukuran bahan. Makin kecil ukuran bahan makin cepat perataan keseluruhan umpan sehingga pirolisis berjalan sempurna. Pada pirolisis tempurung kelapa 2-3 mm (Tutik dan Faizah, 2001).

2.7 Mekanisme Penjerapan Amonia pada Karbon Aktif Tempurung Kelapa

Karbon aktif tempurung kelapa yang digunakan harus melalui proses aktivasi kimia untuk menaikkan daya serap terhadap senyawa amonia. Proses aktivasi akan memberikan perubahan secara fisik dimana luas permukaan dari karbon meningkat dengan tajam dikarenakan terjadinya penghilangan senyawa tar dan senyawa sisa-sisa pengarang (Shreve, 1997). Daya serap karbon aktif juga semakin kuat bersamaan dengan meningkatnya konsentrasi dari aktivator yang ditambahkan. Hal ini memberikan pengaruh yang kuat untuk meningkatkan permukaan dari karbon aktif yang mengakibatkan semakin besar pula daya serap karbon aktif tersebut (Tutik dan Faizah, 2001)

Pada karbon aktif akan terjadi gaya Van der Waals yang merupakan gaya tarik menarik yang relatif lemah antara adsorbat (amonia) dengan permukaan adsorben (karbon aktif). Pada proses adsorpsi tersebut, adsorbat tidak terikat kuat pada adsorben sehingga adsorbat dapat bergerak dari suatu bagian permukaan adsorben ke bagian permukaan adsorben lainnya dan pada permukaan yang ditinggalkan oleh adsorbat tersebut dapat digantikan oleh adsorbat lainnya. Adsorpsi pada karbon aktif merupakan peristiwa yang reversibel sehingga jika kondisi operasinya diubah, maka akan membentuk kesetimbangan yang baru. Proses adsorpsi pada karbon aktif terjadi tanpa memerlukan energi aktivasi. Proses adsorpsi pada karbon aktif hanya terjadi pada permukaan, tidak masuk dalam fasa bulk/ruah. Proses adsorpsi terjadi pada mikropori (pori-pori kecil). Gambaran proses adsorpsi dapat terlihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Proses Adsorpsi pada Karbon Aktif : Transfer Molekul Adsorbat ke Adsorben (Manocha, 2003)

2.8 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Raisha Prameswari (2015) tentang Pemantauan Kualitas Air Limbah hasil Pengolahan IPAL PT Pertamina RU IV Cilacap menjelaskan bahwa kadar $N-NH_3$ pada *outlet* IPAL PT Pertamina (Persero) RU IV Cilacap selama bulan Mei-Juni 2015 memiliki rentang nilai 22,0-146,7 mg/L. Nilai tersebut belum memenuhi Baku Mutu Air Limbah Usaha Minyak, Gas, dan Panas Bumi yang ditetapkan berdasarkan

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Lampiran III No 19 Tahun 2010 yaitu dengan batas maksimum sebesar 8,0 mg/L.

Pada penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Wahyudi Al Ihsan tentang Penurunan Kadar Amonia pada Air limbah PT Pertamina RU IV Cilacap pada tahun 2020 menjelaskan bahwa kadar amonia yang terkandung dalam air limbah tersebut dapat diturunkan hingga mencapai 96,00% dari kandungan awalnya 97,10 mg/L menjadi 1,07 mg/L. Hasil akhir tersebut didapat dengan menggunakan dosis kaporit 6000 mg/L dan pengadukan cepat 200 rpm.

Penelitian Karbon aktif dari tempurung kelapa yang digunakan sebagai media untuk menurunkan kadar amonia total pada air limbah industri PT Puradelta Lestari yang dilakukan oleh Nisa Nurhidayanti dkk pada tahun 2020 dengan aktivator HCl, NaCl, dan KOH dengan konsentrasi 4%, dengan perbandingan volume aktivator 1: 6 dan variasi waktu perendaman selama 12 jam, 16 jam, 20 jam, 24 jam. Kondisi paling efektif diperoleh pada saat perendaman dengan aktivator KOH selama 24 jam diperoleh penurunan kadar amonia yaitu sebesar 87,6%.