

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biomassa

Biomassa diartikan sebagai material tanaman, tumbuh-tumbuhan, atau sisa hasil pertanian yang digunakan sebagai bahan bakar atau sumber bahan bakar. Secara umum sumber-sumber biomassa antara lain, tongkol, jerami, tempurung kelapa, cangkang kelapa sawit dan lain sebagainya; material kayu seperti kayu atau kulit kayu, dan sebagainya; sampah kota misalkan sampah kertas tanaman sumber energi seperti minyak kedelai, alfalfa, poplars dan lain sebagainya (Silalahi, 2000).

Biomassa adalah campuran material organik yang kompleks, biasanya terdiri dari karbohidrat, lemak, protein dan beberapa mineral lain yang jumlahnya sedikit seperti sodium, fosfor, kalsium dan besi. Komponen utama tanaman biomassa adalah karbohidrat (berat kering kira-kira 75%), lignin (sampai dengan 25%) dimana dalam beberapa tanaman komposisinya bisa berbeda-beda. Keuntungan penggunaan biomassa untuk sumber bahan bakar adalah keberlanjutannya, diperkirakan 140 juta ton matrik biomassa digunakan pertahunnya. Keterbatasan dari biomassa adalah banyaknya kendala dalam penggunaan untuk bahan bakar kendaraan bermobil (Silalahi, 2000).

Energi biomassa dapat menjadi sumber energi alternatif pengganti bahan bakar fosil, karena beberapa sifatnya yang menguntungkan yaitu, dapat dimanfaatkan secara lestari karena sifatnya yang dapat diperbaharui (*renewable resources*), relatif tidak mengandung unsur sulfur sehingga tidak menyebabkan polusi udara dan juga dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya hutan dan pertanian (Widarto dan Suryanta, 1995).

Biomassa merupakan sumber energi terbarukan yang diperoleh dari tumbuh - tumbuhan. Sumber – sumber biomassa adalah sebagai berikut (Kong, 2010). :

1. Sisa- sisa hasil pertanian, seperti ampas tebu, batang, dan serat jagung.

2. Sisa – sisa hutan, misalnya serbuk gergaji industri pengolahan kayu.
3. Sampah perkotaan, misalnya kertas – kertas bekas dan dedaunan kering.
4. Lumpur sisa bubur kayu (*Pulp*)
5. Sumber – sumber masa depan, seperti tanaman energi yang khusus ditanam.
6. Jenis tanaman lain yang tidak mengandung pati maupun gula yang dipakai untuk memproduksi bioetanol.

2.1.1 Tanaman Kelapa

Tanaman kelapa (*Cocos nucifera L.*) merupakan salah satu tanaman yang termasuk dalam famili Palmae dan banyak tumbuh di daerah tropis, seperti di Indonesia. Tanaman kelapa membutuhkan lingkungan hidup yang sesuai untuk pertumbuhan dan produksinya. Faktor lingkungan itu adalah sinar matahari, temperatur, curah hujan, kelembaban, dan tanah (Palungkun, 2001).

Kelapa dikenal sebagai tanaman yang serbaguna karena seluruh bagian tanaman ini bermanfaat bagi kehidupan manusia serta mempunyai nilai ekonomis yang cukup tinggi. Salah satu bagian yang terpenting dari tanaman kelapa adalah buah kelapa. Buah kelapa terdiri dari beberapa komponen yaitu kulit luar (*epicarp*), sabut (*mesocarp*), tempurung kelapa (*endocarp*), daging buah (*endosperm*), dan air kelapa. Adapun komposisi buah kelapa dapat kita lihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Buah Kelapa

Bagian buah	Jumlah berat (%)
Sabut	35
Tempurung	12
Daging buah	28
Air kelapa	25

2.1.2 Tempurung Kelapa

Tempurung kelapa merupakan bagian buah kelapa yang fungsinya secara biologis adalah pelindung inti buah dan terletak di bagian sebelah dalam sabut dengan ketebalan berkisar antara 3–6 mm. Tempurung kelapa dikategorikan sebagai kayu keras tetapi mempunyai kadar lignin yang lebih tinggi dan kadar

selulosa lebih rendah dengan kadar air sekitar enam sampai sembilan persen(dihitung berdasarkan berat kering) dan terutama tersusun dari lignin, selulosa dan hemiselulosa (Tilman, 1981). Apabila tempurung kelapa dibakar pada temperatur tinggi dalam ruangan yang tidak berhubungan dengan udara maka akan terjadi rangkaian proses penguraian penyusun tempurung kelapa tersebut dan akan menghasilkan arang, destilat, tar dan gas. Destilat ini merupakan komponen yang sering disebut sebagai asap cair (Pranata, 2008).

Tempurung Kelapa termasuk golongan kayu keras, tempurung kelapa secara kimiawi memiliki komposisi kimiawi yang hampir mirip dengan kayu yaitu tersusun dari lignin, selulosa, dan hemiselulosa, seperti yang ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Kimia Tempurung Kelapa

Komponen	Rumus Kimia	Persentase (%)
Selulosa	$(C_6H_{10}O_5)_n$	33,61
Hemiselulosa	$(C_5H_8O_4)_n$	19,27
Lignin	$[(C_9H_{10}O_3)(CH_3O)]_n$	36,51

Sumber:<http://www.asapcair.com>(2009)

Tabel 3. Komposisi Ultimat Tempurung Kelapa

Analisa ultimat	%
C	44,95
H	4,99
O	35,47
N	0,56
S	0,08
H ₂ O	13,95
Total	100

Sumber : (Bureau of Energy Efficiency)2010

2.2 LPG (Bahan Bakar)

LPG (liquified petroleum gas) "gas minyak bumi yang dicairkan", adalah campuran dari berbagai unsur hidrokarbon yang berasal dari gas alam. Dengan menambah tekanan dan menurunkan suhunya, gas berubah menjadi cair. Komponennya didominasi propana (C_3H_8) dan butana (C_4H_{10}). LPG juga mengandung hidrokarbon ringan lain dalam jumlah kecil, misalnya etana (C_2H_6) dan pentana (C_5H_{12}). Dalam kondisi atmosfer, LPG akan berbentuk gas. Volume LPG dalam bentuk cair lebih kecil dibandingkan dalam bentuk gas untuk berat yang sama. Karena itu LPG dipasarkan dalam bentuk cair dalam tabung-tabung logam bertekanan.

Menurut spesifikasinya, LPG dibagi menjadi tiga jenis yaitu LPG campuran, LPG propana dan LPG butana. Spesifikasi masing-masing LPG tercantum dalam keputusan Direktur Jendral Minyak dan Gas Bumi Nomor: 25K/36/DDJM/1990. LPG yang digunakan pada proses pirolisis adalah LPG campuran (Propana dan Butana). LPG memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

1. Cairan dan gasnya sangat mudah terbakar
2. Gas tidak beracun, tidak berwarna dan biasanya berbau menyengat
3. Gas dikiriskan sebagai cairan yang bertekanan di dalam tangki atau silinder.
4. Cairan dapat menguap jika dilepas dan menyebar dengan cepat.
5. Gas ini lebih berat dibanding udara sehingga akan banyak menempati daerah yang rendah.

2.2.1 Jenis LPG

Sesuai dengan penggunaannya sebagai bahan bakar LPG dibedakan atas dua macam, yaitu LPG Mix (campuran), LPG propane dan LPG butana:

1. LPG Mix Adalah campuran propane dan butana dengan komposisi antara 70-80% dan 20-30% volume dan diberi odorant (Mercaptant) dan umumnya digunakan untuk bahan bakar rumah tangga.

2. LPG propane dan LPG butana.

LPG propane dan LPG butane adalah LPG yang masing-masing mengandung propane 95 % dan butana 97,5 % volume dan diberi odorant (mercaptant), umumnya digunakan untuk keperluan industri.

2.3 Pirolisis

Pirolisis adalah proses dekomposisi kimia bahan organik melalui proses pemanasan tanpa melibatkan oksigen. Bahan yang biasa digunakan untuk proses pirolisis adalah batu bara, limbah manusia dan hewan, sisa makanan, kertas, plastik, dan biomassa. Komposisi kimia bahan tersebut berubah ketika dilakukan pemanasan dalam keadaan tanpa adanya oksigen. Produk yang dihasilkan dari proses pirolisis berupa arang (karbon padat), *tar* (minyak), dan gas permanen yang meliputi metana, hidrogen, karbon monoksida dan karbon dioksida.

Selama pirolisis, kelembaban menguap pertama kali (100°C), kemudian hemiselulosa terdekomposisi ($200\text{-}260^{\circ}\text{C}$), diikuti oleh selulosa ($240\text{-}340^{\circ}\text{C}$) dan lignin ($280\text{-}500^{\circ}\text{C}$). Ketika suhu mencapai 500°C , reaksi pirolisis hampir selesai. Oleh karena itu, pada laju pemanasan $10^{\circ}\text{C}/\text{dtk}$, pirolisis selesai dalam 1 menit, atau pirolisis selesai dalam 5 detik pada $100^{\circ}\text{C}/\text{dtk}$.

Semakin tinggi laju pemanasan semakin mempercepat pembentukan produk yang mudah menguap, meningkatkan tekanan, waktu tinggal yang pendek dari produk yang mudah menguap di dalam reaktor, dan hasil produk cair yang lebih tinggi, dinamakan pirolisis cepat atau pirolisis kilat. Dynamotive (Canada) dan BTG (Belanda) telah mengembangkan reaktor untuk pirolisis cepat, yang menunjukkan hasil produk cair yang tinggi, yaitu 60 sampai 80%. Karena tahanan panas dari kayu berkisar antara $0,12\text{-}0,42 \text{ W}/(\text{m K})$, yaitu sekitar $1/1000$ dari tembaga, transfer panas menjadi penting untuk pirolisis cepat, dan diperlukan penghancuran kayu menjadi partikel kecil.

Tabel.4 Jenis Pirolisis

Proses	Produk (%)		
	<i>Liquid</i>	<i>Char</i>	<i>Gas</i>
Pirolisis Cepat Temperatur 400-600°C Waktu tinggal uap panas pendek	75	12	13
Pirolisis Menengah Temperatur 500°C Waktu tinggal uap panas sedang	50	25	25
Pirolisis Lambat Temperatur 350-400°C Waktu tinggal yang lebih lama	30	35	35

Sumber: Anonim, 2010

2.3.1 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Proses Pirolisis

1. Waktu Pirolisis

Waktu pirolisis berbeda-beda tergantung pada jenis-jenis dan jumlah bahan yang diolah. Misalnya : tempurung kelapa memerlukan waktu 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 Pirolisis

Suhu pirolisis 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 (BPPI Bogor, 1980).

3. Ukuran Bahan Baku

Semakin kecil ukuran bahan, maka semakin cepat perataan panas keseluruhan umpan, sehingga proses karbonisasi berjalan sempurna. (Tutik M. Dan Faizah H.,2001)

2.4 Furnace

Furnace adalah suatu ruangan yang digunakan sebagai tempat pembakaran bahan bakar untuk menghasilkan kalor dan kemudian kalor yang dihasilkan digunakan untuk memanaskan bahan baku (Anonim, 2011). *Furnace* (tungku) secara luas dibagi menjadi dua jenis berdasarkan metoda pembangkitan panasnya yaitu *furnace* (tungku) pembakaran yang menggunakan bahan bakar, dan *furnace* (tungku) listrik yang menggunakan listrik. *Furnace* (tungku) pembakaran dapat digolongkan menjadi beberapa bagian yaitu jenis bahan bakar yang digunakan, cara pemuatan bahan baku, cara perpindahan panasnya dan cara pemanfaatan kembali limbah panasnya. Tetapi, dalam prakteknya tidak mungkin menggunakan jenis-jenis penggolongan *furnace* (tungku) sebab tungku dapat menggunakan berbagai jenis bahan bakar, cara pemuatan bahan ke tungku yang berbeda.

Furnace atau tungku adalah sebuah peralatan yang digunakan untuk melelehkan logam untuk pembuatan bagian mesin (*casting*) atau untuk memanaskan bahan serta mengubah bentuknya (misalnya *rolling*/penggulungan, penempaan) atau merubah sifat-sifatnya (perlakuan panas).

Berdasarkan metode Penghasilan panas, *furnace* secara luas diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu jenis pembakaran (menggunakan bahan bakar) dan jenis listrik. *Furnace* jenis pembakaran bergantung pada jenis bahan bakar yang digunakan. Diantaranya *furnace* yang menggunakan bahan bakar minyak, batu bara, atau gas.

Idealnya *furnace* harus memanaskan bahan sebanyak mungkin sampai mencapai suhu yang seragam dengan bahan bakar dan butuh sedikit mungkin. Kunci dari operasi *furnace* yang efisien terletak pada pembakaran bahan bakar yang sempurna dengan udara berlebih yang minim. *furnace* beroperasi dengan efisiensi yang relatif rendah (serendah 7 persen) dibandingkan dengan peralatan pembakaran lainnya seperti boiler (dengan efisiensi lebih dari 90 persen). Hal ini disebabkan oleh suhu operasi yang tinggi dalam *furnace*. Sebagai contoh, sebuah *furnace* yang memanaskan bahan sampai suhu 1200 °C akan mengemisikan gas buang pada suhu 1200 °C atau lebih yang mengakibatkan kehilangan panas yang cukup signifikan melalui cerobong.

Tabel 5. Efisiensi Panas Untuk *Furnace* (BEE, 2005)

Jenis <i>Furnace</i>	Efisiensi Panas (persen)
1. <i>Furnace</i> dengan Suhu Rendah	
- 540 - 980 °C (jenis <i>batch</i>)	20 - 30
- 540 - 980 °C (jenis kontinyu)	15 - 30
- <i>Coil Anneal (Bell)</i> jenis radian	5 - 7
- <i>Strip Anneal Muffle</i>	7 - 12
2. <i>Furnace</i> dengan Suhu Tinggi	
- <i>Pusher, Rotary</i>	5 - 15
- Penempatan <i>Batch</i>	5 - 10
3. <i>Kiln</i> Kontinyu	
- <i>Hoffman</i>	25 - 90
- Terowongan	20 - 80
4. <i>Oven/Box</i>	
- <i>Oven/Box</i> dengan Pembakaran tak Langsung (20-370 °C)	35-40
- <i>Oven/Box</i> dengan Pembakaran Langsung (20-370 °C)	35 - 40

Sumber : (www.energyefficiencyasia.org)

2.5 Asap Cair

Asap cair adalah cairan kondensat dari asap yang telah mengalami penyimpanan dan penyaringan untuk memisahkan tar dan bahan-bahan partikulat. Salah satu cara untuk membuat asap cair adalah dengan mengkondensasikan asap hasil pembakaran tidak sempurna dari kayu. Selama pembakaran, komponen utama kayu yang berupa selulosa, hemiselulosa, dan lignin akan mengalami pirolisis.

Selama proses pirolisis akan terbentuk berbagai macam senyawa. Senyawa-senyawa yang terdapat di dalam asap dikelompokkan menjadi beberapa golongan yaitu, fenol, karbonil (terutama keton dan aldehid), asam furan, alkohol dan ester, lakton, hidrokarbon alifatik, dan hidrokarbon poliiklis aromatis. Asap memiliki kemampuan untuk mengawetkan bahan makanan karena adanya senyawa asam, fenolat dan karbonil (Pranata, 2008).

2.5.1 Komposisi Asap Cair

Menurut Astuti dalam Pranata (2008), asap cair mengandung berbagai senyawa yang terbentuk karena terjadinya proses pirolisis dari tiga komponen kayu yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin. Lebih dari 400 senyawa kimia dalam asap telah berhasil diidentifikasi. Komponen-komponen tersebut ditemukan dalam jumlah yang bervariasi tergantung jenis kayu, umur tanaman sumber kayu, dan kondisi pertumbuhan kayu seperti iklim dan tanah. Komponen-komponen tersebut meliputi asam yang dapat mempengaruhi citarasa, pH dan umur simpan produk asapan; karbonil yang bereaksi dengan protein dan membentuk pewarnaan coklat dan fenol yang merupakan pembentuk utama aroma dan menunjukkan aktivitas antioksidan.

Diketahui pula bahwa temperatur pembuatan asap merupakan faktor yang paling menentukan kualitas asap yang dihasilkan. Kandungan maksimum senyawa-senyawa fenol, karbonil, dan asam dicapai pada temperatur pirolisis 600 °C. Tetapi produk yang diberikan Asap cair yang dihasilkan pada temperatur 400°C. Dinilai mempunyai kualitas organoleptik yang terbaik dibandingkan dengan asap cair yang dihasilkan pada temperatur pirolisis yang lebih tinggi.

Menurut Girard (1992), senyawa-senyawa penyusun asap cair meliputi:

1. Senyawa-senyawa fenol merupakan senyawa yang berperan sebagai antioksidan sehingga dapat memperpanjang masa simpan produk asapan. Kandungan senyawa fenol dalam asap sangat tergantung pada temperatur pirolisis kayu. Kuantitas fenol pada kayu sangat bervariasi yaitu antara 10-200 mg/kg. Beberapa jenis fenol yang biasanya terdapat dalam produk asapan adalah guaiakol, dan siringol.
2. Senyawa-senyawa karbonil merupakan senyawa yang berperan pada pewarnaan dan citarasa produk asapan. Golongan senyawa ini mempunyai aroma seperti aroma karamel yang unik. Jenis senyawa karbonil yang terdapat dalam asap cair antara lain adalah vanilin dan siringaldehid.
3. Senyawa-senyawa asam merupakan senyawa yang berperan sebagai antibakteri dan membentuk cita rasa produk asapan. Senyawa asam ini antara lain adalah asam asetat, propionat, butiric dan valerat.

4. Senyawa hidrokarbon polisiklis aromatis merupakan senyawa yang dapat terbentuk pada proses pirolisis kayu. Senyawa hidrokarbon aromatik seperti benzo(a)pirena merupakan senyawa yang memiliki pengaruh buruk karena bersifat karsinogen.

5. Senyawa benzo(a)pirena merupakan senyawa yang mempunyai titik didih 310 °C dan dapat menyebabkan kanker kulit jika dioleskan langsung pada permukaan kulit. Akan tetapi proses yang terjadi memerlukan waktu yang lama.

2.5.2 Manfaat Asap Cair

Menurut Darmadji (1999), asap cair memiliki banyak manfaat dan telah digunakan pada berbagai industri, antara lain :

1. Industri pangan

Asap cair ini mempunyai kegunaan yang sangat besar sebagai pemberi rasa dan aroma yang spesifik juga sebagai pengawet karena sifat antimikrobia dan antioksidannya. Dengan tersedianya asap cair maka proses pengasapan tradisional dengan menggunakan asap secara langsung yang mengandung banyak kelemahan seperti pencemaran lingkungan, proses tidak dapat dikendalikan, kualitas yang tidak konsisten serta timbulnya bahaya kebakaran, yang semuanya tersebut dapat dihindari.

2. Industri perkebunan

Asap cair dapat digunakan sebagai koagulan lateks dengan sifat fungsional asap cair seperti antijamur, antibakteri dan antioksidan tersebut dapat memperbaiki kualitas produk karet yang dihasilkan.

3. Industri kayu

Kayu yang diolesi dengan asap cair mempunyai ketahanan terhadap serangan rayap dari pada kayu yang tanpa diolesi asap cair.

2.6 Arang

Arang adalah residu hitam berisi karbon tidak murni yang dihasilkan dengan menghilangkan kandungan air dan komponen volatil dari hewan atau tumbuhan. Arang umumnya didapatkan dengan memanaskan kayu, gula, tulang, dan benda lain. Arang yang hitam, ringan, mudah hancur, dan meyerupai batu bara ini terdiri

dari 85% sampai 98% karbon, sisanya adalah abu atau benda kimia lainnya. Arang merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Ketika pemanasan berlangsung, diusahakan agar tidak terjadi kebocoran udara di dalam ruangan pemanasan sehingga bahan yang mengandung karbon tersebut hanya terkarbonisasi dan tidak teroksidasi.

2.6.1 Bioarang

Arang adalah produk hasil karbonisasi atau dekomposisi kayu pada suhu tinggi dengan keadaan tanpa oksigen atau oksigen terbatas (Pari, 2007). Bahan baku yang dapat dibuat menjadi arang adalah semua bahan yang mengandung karbon seperti kayu, daun, tulang, sekam, tempurung kelapa, tempurung biji kemiri, dan tempurung biji – bijian lainnya. Arang yang dihasilkan selain digunakan sebagai sumber energi, dapat juga digunakan sebagai bahan baku penghasil adsorben berupa arang aktif (Pari, 2007).

Arang merupakan bahan padat yang berpori dan merupakan hasil pengarangan bahan yang mengandung karbon. Sebagian besar pori-pori arang masih tertutup oleh hidrokarbon, tar, dan senyawa organik lain yang komponennya terdiri dari karbon tertambat (*Fixed Carbon*), abu, air, nitrogen dan sulfur. Standar mutu arang menurut SNI dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Standar Mutu Arang

No	Jenis Uji	Persyaratan (%)
1	Air	6
2	Abu	3
3	Warna	Hitam merata
4	Benda asing	Tidak boleh ada

(Sumber : SNI (19-0428-1989))

2.6.2 Manfaat Arang

Batu arang digunakan sebagai bahan bakar. Arang pada awalnya digunakan sebagai pengganti mesiu. Arang juga digunakan dalam metalurgi sebagai *reducing agent*, walaupun sekarang sudah ditinggalkan. Sebagian orang menggunakan arang sebagai media gambar. Tetapi sebagian besar produksi

charcoal digunakan sebagai bahan bakar. Hasil pembakarannya lebih bersih dari pada kayu biasa, arang juga bisa dimanfaatkan untuk pembuatan briket.

2.7 Perpindahan Kalor

Perpindahan kalor adalah bentuk kalor yang dapat berpindah dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah . sedangkan kalor ini merupakan suatu bentuk energi atau dapat juga didefinisikan sebagai jumlah panas yang ada dalam suatu benda.

2.7.1 Macam Macam Perpindahan Kalor

Kalor dapat berpindah dari suatu tempat ketempat lainnya dengan melalui 3 cara yaitu :

1. Perpindahan Kalor Secara Konduksi

Perpindahan panas konduksi merupakan perpindahan energi yang terjadi pada media padat atau fluida yang diam akibat dari perbedaan temperatur. Hal ini merupakan perpindahan dari energi yang lebih energik ke partikel energi yang kurang energik pada suatu benda akibat interaksi antar partikel-partikel. Energi ini dapat dihubungkan dengan cara tranlasi, sembarang, rotasi dan getaran dari molekul-molekul. Apabila temperatur lebih tinggi berarti molekul dengan enrgi yang lebih tinggi memindahkan energi ke molekul yang memiliki energi yang lebih rendah(kurang energi) .untuk perpindahan panas secara konduksi , persamaan yang digunakan adalah Hukum Fourier. Jika kondisi pada dinding datar dengan perpindahan panas pada satu dimensi,maka persamaannya dapat ditulis sebagai berikut :

Laju Perpindahan Panas secara konduksi dirumuskan :

$$Q = -K. A \frac{dT}{dX} \quad (\text{Sumber : Donald Q.kern})$$

Dimana :

Q = Laju perpindahan panas (Kcal)

K = Konduktivitas termal (W/m °C)

A = Luas penampang yang terletak pada aliran panas (m₂)

dT/dx = Gradien temperature dalam arah aliran

2. Perpindahan Kalor Secara Konveksi

Perpindahan panas secara konveksi merupakan suatu perpindahan panas yang terjadi antara suatu permukaan padat dan fluida yang bergerak atau mengalir yang diakibatkan oleh adanya perbedaan temperatur. Pada proses perpindahan panas konveksi dapat terjadi dengan beberapa metode, antara lain :

a. Konveksi bebas (free convection)Merupakan suatu proses perpindahan panas konveksi dimana aliran fluida terjadi bukan karena dipaksa oleh suatu peralatan akan tetapi disebabkan oleh adanya gaya apung.

b. Konveksi paksa (force convection)Pada system konveksi paksa proses perpindahan panas konveksi terjadi dimana aliran fluida disebabkan oleh adanya peralatan bantu. Adapun peralatan yang biasa digunakan adalah fan, blower, dan pompa.

c. Konveksi dengan perubahan fase, yaitu proses perindahan panas konveksi yang disertai berubahnya fase fluida seperti pada proses pendidihan (boiling) dan pengembunan (kondensasi). Adapun persamaan perpindahan panas konveksi dapat dinyatakan dengan Hukum Newton pendinginan (Newton's Law of Cooling)

Laju perpindahan panas konveksi dapat dihitung dengan rumus :

$$q_c = hc \cdot A(T_w - T_f)$$

Dimana :

Q_c = Besarnya laju perpindahan panas konveksi (Kcal)

H = Koeisien konveksi (W/m²K)

A = Luas permukaan perpindahan panas konveksi (m₂)

3. Perpindahan Kalor Radiasi

Radiasi termal adalah energi yang diemisikan oleh benda yang berada pada temperatur tinggi, dimana merupakan perubahan dalam konfigurasi electron dari atom. Energi dari mean radiasi ditransfortasikan oleh gelombang elektromagnetik atau lainnya. Pada perpindahan panas konduksi dan konveksi proses perpindahan panas nya membutuhkan media. Sedangkan pada perpindahan panas radiasi tidak diperlukan media. Perpindahan panas secara radiasi lebih efektif terjadi pada ruang hampa.

