

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Batubara**

Batubara adalah salah satu bahan bakar fosil. Pengertian umumnya adalah batuan sedimen yang dapat terbakar, terbentuk dari endapan organik, utamanya adalah sisa-sisa tumbuhan dan terbentuk melalui proses pembatubaraan. Unsur-unsur utamanya terdiri dari karbon, hidrogen dan oksigen(wikipedia, 2014)

Batu bara juga adalah batuan organik yang memiliki sifat-sifat fisika dan kimia yang kompleks yang dapat ditemui dalam berbagai bentuk. Analisis unsur memberikan rumus formula empiris seperti  $C_{137}H_{97}O_9NS$  untuk bituminus dan  $C_{240}H_{90}O_4NS$  untuk antrasit(wikipedia, 2014)

##### **2.1.1 Karbon**

Karbon merupakan unsur utama batubara. Karbon juga merupakan sumber utama dari panas dalam batubara. Karbon menghasilkan sekitar 14.500 BTU per pound karbon. Karbon merupakan non-logam. Simbol kimia dan unsurnya adalah "C" dan memiliki berat atom 12,011 unit massa atom. Karbon memiliki dua volume atom. Bentuk alami karbon adalah padat. Titik leburnya adalah 3.823 derajat Kelvin, 3.550 derajat Celcius. Titik didih karbon adalah 4.300 derajat Kelvin, 4.027 derajat Celcius. Namun, titik jenuh karbon memiliki karakter spesifik. Karbon berubah dari padat menjadi gas secara langsung dan cepat.

##### **2.1.2 Hidrogen**

Jumlah Hidrogen sekitar 5 persen dari komposisi batubara dan merupakan gas utama yang diekstrak selama proses gasifikasi. Hidrogen merupakan non-logam. Simbol kimia dan unsurnya adalah "H" dan memiliki berat atom 1,0079 unit massa atom. Hidrogen terdiri dari satu elektron dan satu proton, tidak berisi neutron. Hidrogen adalah elemen paling ringan di alam semesta --- atomnya menyusun lebih dari 90 persen alam semesta. Keadaan alami hidrogen adalah gas. Titik lelehnya 14,01 derajat Kelvin, -259,14 derajat Celcius. Titik didih Hidrogen

adalah 20,28 derajat Kelvin, -252,87 derajat Celcius. Hidrogen tidak berwarna, mudah terbakar dan cepat bereaksi dengan oksidan. Hidrogen memiliki banyak kegunaan. Hidrogen cair digunakan sebagai bahan bakar roket. Hidrogen menghasilkan sekitar 65.000 BTU per pound.

### **2.1.3 Oksigen**

Semakin tinggi jumlah oksigen dalam batubara semakin rendah kemampuan pemanasan batubara. Oksigen sangat reaktif dengan hampir semua unsur lainnya dengan pengecualian untuk gas mulia. *Gasifier* modern menggunakan oksigen sebagai lingkungan yang terkendali untuk batubara mengakselerasi oksigen untuk suhu dan tekanan tinggi. Dalam lingkungan ini, molekul batubara pecah dan reaksi kimia dimulai menghasilkan karbon monoksida, hidrogen dan campuran gas lainnya. Oksigen merupakan non-logam. Simbol kimia dan unsurnya adalah "O" dan memiliki berat atom 15,9994 unit massa atom. Keadaan alami oksigen adalah gas. Oksigen memiliki titik leleh 54,8 derajat Kelvin, -218,3 derajat Celcius. Titik didih oksigen adalah 90,2 derajat Kelvin, -182,9 derajat Celcius. Oksigen tidak berwarna dan tidak berbau. Oksigen adalah unsur tak-beracun dalam keadaan normal.

### **2.1.4.Sulfur**

Jumlah sulfur dalam batubara hanya 1 sampai 2 persen dari berat batubara. Sulfur menghasilkan sekitar 4.000 BTU per pound. Jumlah ini kecil bila dibandingkan dengan karbon dan hidrogen yang masing-masing menghasilkan 14.500 dan 65.000 BTU. Sulfur merupakan non-logam. Simbol kimia dan unsurnya adalah "S" dan memiliki berat atom 32,06 unit massa atom. Keadaan alami Sulfur adalah padat. Sulfur memiliki titik leleh 388,4 derajat Kelvin, 115,2 derajat Celcius. Titik didih Sulfur adalah 717,9 derajat Kelvin, 444,7 derajat Celcius. Sulfur berwarna kuning, berbau, dan rapuh. Sulfur tunggal memiliki toksisitas rendah. Namun, karbon disulfida, sulfida hidrogen dan sulfur dioksida adalah senyawa sulfat beracun. Sulfur tidak larut dalam air tetapi larut dalam karbon disulfida.

Berdasarkan tingkat proses pembentukannya yang dikontrol oleh tekanan, panas dan waktu, batu bara umumnya dibagi dalam lima kelas: antrasit, bituminus, sub-bituminus, lignit dan gambut.(wikipedia, 2014)

- a. Antrasit adalah kelas batu bara tertinggi, dengan warna hitam berkilauan (*luster*) metalik, mengandung antara 86% - 98% unsur karbon (C) dengan kadar air kurang dari 8%.
- b. Bituminus mengandung 68 - 86% unsur karbon (C) dan berkadar air 8-10% dari beratnya. Kelas batu bara yang paling banyak ditambang di Australia.
- c. Sub-bituminus mengandung sedikit karbon dan banyak air, dan oleh karenanya menjadi sumber panas yang kurang efisien dibandingkan dengan bituminus.
- d. Lignit atau batu bara coklat adalah batu bara yang sangat lunak yang mengandung air 35-75% dari beratnya.
- e. Gambut, berpori dan memiliki kadar air di atas 75% serta nilai kalori yang paling rendah.

## **2.2 Briket Batubara**

Briket Batubara adalah bahan bakar padat yang terbuat dari Batubara dengan sedikit campuran seperti tanah liat dan tapioka. Briket Batubara mampu menggantikan sebagian dari kegunaan Minyak Tanah seperti untuk : Pengolahan Makanan, Pengeringan, Pembakaran dan Pemanasan. Bahan baku utama Briket Batubara adalah Batubara yang sumbernya berlimpah di Indonesia dan mempunyai cadangan untuk selama lebih kurang 150 tahun. Teknologi pembuatan Briket tidaklah terlalu rumit dan dapat dikembangkan oleh masyarakat maupun pihak swasta dalam waktu singkat. Sebetulnya di Indonesia telah mengembangkan Briket Batubara sejak tahun 1994 namun tidak dapat berkembang dengan baik mengingat Minyak Tanah masih disubsidi sehingga harganya masih sangat murah, sehingga masyarakat lebih memilih Minyak Tanah untuk bahan bakar sehari-hari.

### **2.2.1 Jenis Briket Batubara**

1. Jenis Berkarbonisasi (super), jenis ini mengalami terlebih dahulu proses dikarbonisasi sebelum menjadi Briket. Dengan proses karbonisasi zat-zat terbang yang terkandung dalam Briket Batubara tersebut diturunkan serendah mungkin sehingga produk akhirnya tidak berbau an berasap, namun biaya produksi menjadi meningkat karena pada Batubara tersebut terjadi rendemen sebesar 50%. Briket ini cocok untuk digunakan untuk keperluan rumah tangga serta lebih aman dalam penggunaannya.
2. Jenis Non Karbonisasi (biasa), jenis yang ini tidak mengalami dikarbonisasi sebelum diproses menjadi Briket dan harganya pun lebih murah. Karena zat terbangnya masih terkandung dalam Briket Batubara maka pada penggunaannya lebih baik menggunakan tungku (bukan kompor) sehingga akan menghasilkan pembakaran yang sempurna dimana seluruh zat terbang yang muncul dari Briket akan habis terbakar oleh lidah api dipermukaan tungku. Briket ini umumnya digunakan untuk industri kecil.

Produsen terbesar Briket Batubara di Indonesia saat ini adalah PT. Tambang Batubara Bukit Asam (Persero), atau PT. BA yang mempunyai 3 pabrik yaitu di Tanjung Enim Sumatera Selatan, Bandar Lampung dan Gresik Jawa Timur dengan kapasitas terpasang 115.000 ton per tahun. Disamping PT. BA terdapat beberapa perusahaan swasta lain yang memproduksi Briket Batubara namun jumlahnya jauh lebih kecil dibanding PT. BA dan belum memproduksi secara kontinyu.

Dengan adanya kenaikan BBM khususnya Minyak Tanah dan Solar, tentunya penggunaan Briket Batubara oleh kalangan rumah tangga maupun industri kecil/menengah akan lebih ekonomis dan menguntungkan, namun demikian kemampuan produksi dari PT. BA. masih sangat kecil, untuk mengatasi kekurangan tersebut diharapkan partisipasi serta keikutsertaan pihak swasta untuk memproduksi dan mensosialisasikan penggunaan Briket Batubara di setiap daerah

### 2.2.2 Keunggulan Briket Batubara

- Lebih murah  
Briket Batubara Non Karbonisasi (Tipe Biasa) : Rp. 1.600/kg  
Briket Batubara Karbonisasi (Super) Rp. 2500/kg
- Panas yang tinggi dan kontinyu sehingga sangat baik untk pembakaran yang lama
- Tidak beresiko meledak/terbakar
- Tidak mengeluarkan suara bising serta tidak berjelaga
- Sumber Batubara berlimpah

Namun demikian Briket memiliki keterbatasan yaitu waktu penyalaan awal memakan waktu 5 – 10 menit dan diperlukan sedikit penyiraman minyak tanah sebagai penyalaan awal, Briket Batubara hanya efisien jika digunakan untuk jangka waktu diatas 2 jam. (*sumber ; pt. ba, bppt*)

**Tabel 1. Parameter Antara Minyak Tanah dan Briket**

<b>Parameter</b>	<b>Minyak Tanah</b>	<b>Briket</b>
Nilai Kalori	9.000 kkal/ltr	5.400 kkal/kg
Ekivalen	1 ltr	1,60 kg
Biaya	Rp. 2.800	Rp. 1.300

(*sumber ; pt. ba, bppt*)

**Tabel 2. Perbandingan Pemakaian Minyak Tanah dengan Briket**

<b>Penggunaan</b>	<b>Minyak Tanah</b>	<b>Briket</b>	<b>Penghematan</b>
Rumah tangga 3 ltr/hari	Rp. 9000/hari	Rp. 5400/hari	Rp. 3600/hari
Warung Makan 10 ltr/hari	Rp. 30.000/hari	Rp. 18.000/hari	Rp. 12.000/hari
Industri Kecil 25 ltr/hari	Rp. 75.000/hari	45.000/hari	Rp. 30.000/hari
Industri Menengah 1000 ltr/hari	Rp. 2.000.000/hari	Rp. 1.502.450/hari	Rp. 497.550/hari

(sumber ; pt. ba, bppt)

Selanjutnya, perbandingan analisis ekonomi pada investasi dan pengeluaran saat menggunakan minyak tanah, elpiji, dan briket batubara akan diperlihatkan. Berbagai asumsi yang dipakai dalam analisis ekonomi ini adalah sebagai berikut:

1. Investasi awal untuk penggunaan minyak tanah dan briket batubara adalah berupa kompor
2. Investasi awal untuk penggunaan elpiji adalah berupa kompor gas, regulator, dan tabung elpiji 3 kg.
3. Harga dari minyak tanah dan elpiji adalah harga yang ditetapkan oleh PT Pertamina sebagai bahan bakar bersubsidi
4. Harga briket batubara merupakan harga nyata di daerah Bandung, Jawa Barat (di tingkat pengecer)
5. Lama penggunaan bahan bakar : 2 jam/hari

## 2.2.4 Karakteristik Briket

### 1. Kadar Air

Kandungan air yang tinggi menyulitkan penyalaan sehingga briket sulit terbakar. Biobriket memiliki kadar air maksimal menurut Standar Industri Nasional untuk ekspor tidak boleh lebih dari 5%. (Kurniawan dan Marsono, 2008: 42)

### 2. Kadar Abu

Semakin tinggi kadar abu, secara umum akan mempengaruhi tingkat pengotoran, keausan, dan korosi peralatan yang dilalui. Briket dengan kandungan abu yang tinggi sangat tidak menguntungkan karena akan membentuk kerak. (Widyawati, 2006; Brades dan Febrina, 2008)

### 3. Kadar Kalori

Nilai kalori briket sangat berpengaruh pada efisiensi pembakaran briket. Makin tinggi nilai kalori briket makin bagus kualitas briket tersebut karena efisiensi pembakarannya tinggi. Syarat suatu limbah memiliki nilai bakar standar yakni diatas 5000/kal/gram sebagai pengganti minyak tanah(Widyawati, 2006: 9).

**Tabel 3. Mutu Briket Berdasarkan SNI**

<b>Parameter</b>	<b>Standar Mutu Briket Arang Kayu (SNI No. 1/6235/2000)</b>
Kadar Air (%)	$\leq 8$
Kadar Abu (%)	$\leq 8$
Kadar Karbon (%)	$\geq 77$
Nilai Kalor (kal/g)	$\geq 5000$

*Sumber: Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan (1994) dalam Santosa.*

#### 4. Kadar Emisi

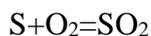
Emisi yang dihasilkan dari pembakaran biomassa adalah CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> dan partikulat. Kwong dkk (2004) meneliti campuran serbuk batubara dan sekam padi untuk berbagai komposisi dan udara lebih (*excess air*). Hasilnya menunjukkan bahwa terjadi penurunan emisi CO lebih dari 40% untuk campuran sekam padi 50%. Hal ini berarti sekam padi dapat menyempurnakan proses pembakaran. Konsentrasi CO juga menurun dengan penambahan *excess air*. Hasil optimal terjadi pada 30% *excess air* dan 10-20% campuran sekam padi. (Syamstro, 2007)

##### a. Karbon Monoksida (CO)

Karbon dan Oksigen dapat bergabung membentuk senyawa karbon monoksida (CO) sebagai hasil pembakaran yang tidak sempurna dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) sebagai hasil pembakaran sempurna. Karbon monoksida merupakan senyawa yang tidak berbau, tidak berasa dan pada suhu udara normal berbentuk gas yang tidak berwarna. Tidak seperti senyawa lain, CO mempunyai potensi bersifat racun yang berbahaya karena mampu membentuk ikatan yang kuat dengan pigmen darah yaitu hemoglobin.

##### b. Kadar SO<sub>x</sub> (SO<sub>2</sub> dan SO<sub>3</sub>)

Emisi SO<sub>x</sub> terbentuk dari fungsi kandungan sulfur dalam bahan bakar, selain itu kandungan sulfur dalam pelumas, juga menjadi penyebab terbentuknya SO<sub>x</sub> emisi. Struktur sulfur terbentuk pada ikatan aromatik dan alkil. Dalam proses pembakaran sulfur dioxide dan sulfur trioxide terbentuk dari reaksi:



Kandungan SO<sub>3</sub> dalam SO<sub>x</sub> sangat kecil sekali yaitu sekitar 1-5%. (Sudrajad)

### c. Kadar NO<sub>x</sub>

Nitrogen monoksida terdapat diudara dalam jumlah banyak lebih besar dari pada NO<sub>2</sub>. pembentukan NO dan NO<sub>2</sub> merupakan reaksi antara nitrogen dan oksigen diudara sehingga membentuk NO yang bereaksi lebih lanjut dengan banyak oksigen membentuk NO<sub>2</sub>. Pada suhu kamar, hanya sedikit kecenderungan reaksi antara nitrogen dan oksigen membentuk NO. Pada suhu tinggi pada proses pembakaran, keduanya dapat membentuk NO dalam jumlah yang lebih banyak. (Depkes)

**Tabel 4 Standar Emisi Gas Buang Menurut Peraturan Menteri Energi Sumber Daya Mineral No. 047 Tahun 2006**

<b>Parameter</b>	<b>Batas maksimum (mg/Nm<sup>3</sup>)</b>
Total partikel	250
Karbon Monoksida (CO)	726
Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> )	130
Nitrogen Oksida (NO <sub>2</sub> )	140

*Sumber: Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan (1994) dalam Santosa.*

### 2.3 Kompor Briket

Kompor briket merupakan alat pemanfaatan yang dikhususkan untuk beberapa briket sebagai alat bakar skala rumah tangga. Dalam kehidupan masyarakat benda ini sudah identik dengan harga yang terjangkau dan aman tanpa polusi[10]. Untuk perancangan kompor briket ini bertujuan untuk mendapatkan nilai kalor yang tinggi dengan nilai tingkat emisi yang rendah (PERANCANGAN KOMPOR BRIKET UNTUK LIMBAH BIOMASS KOPI).

Kompor briket menggunakan potongan-potongan batubara sebagai bahan bakarnya. Sekali dinyalakan kompor briket tidak dapat dimatikan, sehingga perlu

diperhitungkan jumlah briket yang dipakai sebelum memasak agar tidak terjadi pemborosan yang tidak perlu. Indonesia adalah salah satu Negara yang memiliki sumber daya alam yang cukup banyak, salah satunya adalah briket batu bara, briket batu bara biasa dijadikan salah satu sebagai bahan bakar untuk memasak berbagai macam masakan, selain itu batu bara bisa menggantikan bahan bakar minyak yang sekarang sudah sulit didapatkan karena tambah berkurangnya minyak bumi negeri kita ini. Bahan bakar briket batu bara biasa digunakan dengan kompor briket, tetapi semua itu masih ada kekurangannya, yaitu bahwa briket batu bara yang digunakan untuk kompor briket tersebut hanya bisa digunakan satu kali, walaupun ada cara untuk memakai bahan bakar tersebut secara berulang-ulang yaitu dengan cara menyiramkan air kepada bahan bakar briket batu bara yang masih digunakan, dan tentu saja kalau ingin menggunakannya kembali briket batu bara tersebut harus dikeringkan terlebih dahulu, dan tentu saja menggunakan waktu yang lama ( Harzalez Nova, dkk 2014 kompor briket digital). Untuk meningkatkan efisiensi pada kompor briket ini, udara sebelum digunakan membakar *biomass* harus mendapatkan pemanasan pendahuluan (i). Hasilnya api yang dihasilkan lebih bersih, pembakaran lebih sempurna sehingga bahan bakar yang diperlukan jauh berkurang. Nyala api juga dapat dibesarkan atau dikecilkan dengan mengatur aliran udara yang masuk (kompor briket nyala besar kecil). Penggunaan Briket Batubara harus dibarengi serta disiapkan Kompor atau Tungku, jenis dan ukuran Kompor harus disesuaikan dengan kebutuhan.

Pada prinsipnya Kompor/Tungku terdiri atas 2 jenis :

1. Tungku/Kompor portabel, jenis ini pada umumnya memuat briket antara 1 s/d 8 kg serta dapat dipindah-pindahkan. Jenis ini digunakan untuk keperluan rumah tangga atau rumah makan.
2. Tungku/Kompor Permanen, memuat lebih dari 8 kg briket dibuat secara permanen. Jenis ini dipergunakan untuk industri kecil/menengah.

Persyaratan Kompor/tungku harus memiliki :

- Ada ruang bakar untuk briket

- Adanya aliran udara (oksigen) dari lubang bawah menuju lubang atas dengan melewati ruang bakar briket yang terdiri dari aliran udara primer dan sekunder
- Ada ruang untuk menampung abu briket yang terletak di bawah ruang bakar briket

Kompot briket ini memiliki kelebihan antara lain aman dan ramah lingkungan, pada saat digunakan abunya tidak berterbangan dan tidak berasap, tidak meninggalkan noda hitam pada peralatan yang digunakan ( alat-alat dapur dan lain-lainnya) tidak mengeluarkan bau menyengat / aroma tidak sedap yang dapat mengganggu aktifitas kerja kesehatan maupun lingkungan. Klasifikasi kelebihan kompor briket ini antara lain :

#### 1. Aman dan praktis

Kompot ( kompor briket) aman dan praktis saat digunakan, tidak menimbulkan resiko ledakan dan mudah perawatan .

#### 2. Bebas polusi dan ekonomis

Kompot ( kompor briket) dengan bahan bakar briket, sungguh memberikan nilai tersendiri bagi yang memahami pentingnya makna Sehat dan Hemat.

Kompot atau tungku yang paling umum digunakan akan dijelaskan pada table 5.

Tabel 5. Klasifikasi tungku

Metode klasifikasi	Jenis dan contoh
Jenis bahan bakar yang digunakan	Dibakar dengan minyak
	Dibakar dengan gas
	Dibakar dengan batubara
Cara pengisian bahan	Berselang ( <i>intermittent</i> ) <i>Batch</i>
	Berskala <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Penempaan</li> <li>▪ Penggulungan ulang</li> <li>▪ Pot</li> </ul>
	Kontinyu <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Pusher</i></li> <li>▪ Balok berjalan</li> <li>▪ Perapian berjalan</li> <li>▪ Tungku <i>bogie</i> dengan sirkulasi ulang kontinyu</li> <li>▪ Tungku perapian berputar / <i>rotary hearth furnace</i></li> </ul>

Cara perpindahan panas	Radiasi (tempat perapian terbuka)
	Konveksi (pemanasan melalui media)
Cara pemanfaatan kembali limbah panas	Rekuperatif
	Regeneratif

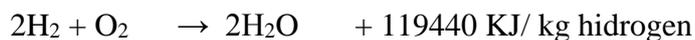
Sumber : *chapter furnace and refractori*

## 2.4 Proses Pembakaran di Dalam Kompor Briket

Proses pembakaran adalah reaksi kimia antara bahan bakar (C, H) dengan udara (O<sub>2</sub>) serta sumber panas sehingga terbentuk api yang menghasilkan kalor dan gas hasil pembakaran (*flue gas*). Untuk melakukan pembakaran bahan bakar dibutuhkan oksigen, oksigen yang digunakan disuplai dari udara. Komposisi udara selain oksigen dan nitrogen, pada kenyataannya ada partikel - partikel lain sebagai *inert* yang akan ikut keluar *stack* dengan membawa rugi panas.

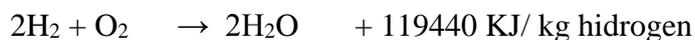
Pada umumnya komposisi kimia dari bahan bakar merupakan ikatan hidrokarbon yang terdiri dari karbon (C) dan hidrogen (H), maka reaksi yang terjadi di dalam proses pembakaran adalah sebagai berikut:

### 1. Pembakaran sempurna



Pada reaksi ini semua karbon yang terdapat di dalam bahan bakar seluruhnya habis terbakar membentuk gas CO<sub>2</sub>.

### 2. Pembakaran tidak sempurna

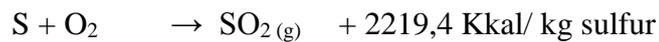


Pada reaksi pembakaran tersebut karbon yang bereaksi dengan oksigen membentuk karbon monoksida (CO), reaksi ini terjadi karena kekurangan udara sehingga pembakaran tidak sempurna.

Pembakaran tidak sempurna ini merugikan antara lain:

1. Karbon monoksida (CO) yang keluar dari *stack* masih berupa bahan bakar, apabila CO dibakar akan menghasilkan panas.

2. Karbon monoksida (CO) yang terbentuk dari reaksi pembakaran dapat menimbulkan *after burning*, biasanya terjadi pada dinding dapur yang cukup panas. Adanya oksigen dan suhu yang tinggi dari dinding dapur, maka CO akan terbakar kembali dan menghasilkan panas, hal ini dapat merusak dinding dapur.
3. Pembakaran lain, karena bahan bakar tidak hanya terdiri dari hidrokarbon saja, maka beberapa reaksi lain yang mungkin terjadi, seperti:



Terbentuknya oksida belerang tidak diinginkan dalam dapur, dengan adanya uap di dalam flue gas akan memungkinkan terjadi asam belerang.

## 2.5 Logam

Secara umum unsur logam memiliki sifat berwarna putih mengkilap, mempunyai titik lebur rendah, dapat menghantarkan arus listrik, dapat ditempa dan dapat menghantarkan kalor atau panas. Pada umumnya logam merupakan zat padat, namun terdapat satu unsur logam yang berwujud cair yaitu air raksa. Beberapa unsur logam yang bermanfaat dalam kehidupan sehari-hari, antara lain:

### a. Khrom (Cr)

Ialah logam berwarna kelabu, sangat keras dengan titik cair yang tinggi yakni 18900c , chromium diperoleh dari unsur chromite, yaitu senyawa FeO.Cr<sub>2</sub>. Unsur chromite (Fe<sub>2</sub> Cr<sub>2</sub> O<sub>6</sub> ) serta crocoisite (PbCrO<sub>4</sub>). Chromium memiliki sifat yang keras serta tahan terhadap korosi jika digunakan sebagai unsur paduan pada baja dan besi tuang dan dengan penambahan unsur nickel maka akan diperoleh sifat baja yang keras dan tahan panas (heat resistance-alloy).Khrom (Cr) ini biasanya digunakan untuk bumper mobil, dan campuran dengan baja menjadi stainless steel.

### b. Besi (Fe)

Merupakan logam yang paling murah, sebagai campuran dengan karbon menghasilkan baja untuk konstruksi bangunan, mobil dan rel kereta api.

c. Nikel ( Ni )

Nikel padat sangat tahan terhadap udara dan air pada suhu biasa, oleh karena itu nikel digunakan sebagai lapisan pelindung dengan cara disepuh.

d. Tembaga (Cu)

Tembaga banyak digunakan pada kabel listrik, perhiasan, dan uang logam. Campuran tembaga dengan timah menghasilkan perunggu sedangkan campuran tembaga dengan seng menghasilkan kuningan.

e. Seng (Zn)

Seng dapat digunakan sebagai atap rumah, perkakas rumah tangga, dan pelapis besi untuk mencegah karat.

f. Platina (Pt)

Platina digunakan pada knalpot mobil, kontak listrik, dan dalam bidang kedokteran sebagai pengaman tulang yang patah.

g. Emas (Au)

Emas merupakan logam sangat tidak reaktif, dan ditemukan dalam bentuk murni. Emas digunakan sebagai perhiasan dan komponen listrik berkualitas tinggi. Campuran emas dengan perak banyak digunakan sebagai bahan koin.

h. Aluminium (Al)

Aluminium ialah logam yang berwarna putih terang dan sangat mengkilap dengan titik cair 6600 °C sangat tahan terhadap pengaruh atmosfer juga bersifat electrical dan thermal conductor dengan koefisien yang sangat tinggi. Chromium bersifat non magnetic. Secara komersial aluminium memiliki tingkat kemurnian hingga 99,9 % , dan aluminium non paduan kekuatan tariknya ialah 60 n/mm<sup>2</sup> dan dikembangkan melalui proses pengerjaan dingin dapat ditingkatkan sesuai dengan kebutuhannya hingga 140 n/mm<sup>2</sup>. Uraian lebih luas tentang aluminium dapat dilihat pada uraian tentang aluminium dan paduannya.

Logam bersifat konduktor panas dimana konduktor panas merupakan benda-benda yang dapat menghantarkan panas. Bahan yang dapat digunakan untuk penghantar panas adalah logam dan kaca.

Ada beberapa cara perpindahan panas yaitu :

### 1. Konduksi

Pada konduksi perpindahan energi panas (kalor) tidak di ikuti dengan zat perantaranya. Misalnya saja anda menaruh batang besi membara ke batang besi lain yang dingin. Anda tidak akan melihat besi membara itu bergerak namun tiba-tiba besi yang semula dingin akan menjadi panas. Atau dengan contoh yang lebih simpel, yakni satu logam panjang yang dipanaskan. Satu ujung logam panjang yang di beri nama A dipanaskan maka beberapa saat kemudian ujung yang lain (kita sebut ujung B) juga akan ikut panas. Pemanfaatan Konduksi dalam kehidupan sehari-hari sendiri bisa dengan mudah kita temukan, misalnya saja saat memasak air maka kalor berpindah dari api (kompor) menuju panci dan membuat air mendidih.

Konduktifitas termal ( daya hantar panas )  $k$  bahan batang itu didefinisikan sebagai arus panas ( negatif ) per satuan luas yang tegak lurus pada arah aliran, dan per satuan gradient suhu :

$$K = - (H / A(dt/dx))$$

Tanda negatif dimasukkan kedalam definisi, sebab H adalah positif ( panas mengalir dari sisi kiri ke kanan), apabila gradient suhu negatif. Jadi,  $k$  merupakan besaran positif. Persamaan diatas lebih biasa ditulis

$$H = - kA / (dt/dx)$$

Konduktifitas termal kebanyakan bahan merupakan fungsi suhu, dan akan bertambah sedikit kalau suhu naik, akan tetapi variasinya kecil dan sering dapat diabaikan. Beberapa angka untuk  $k$ , pada hamper suhu kamar. Dalam system cgs, satuan arus panas ialah stuan kalori per sekon ( 1 kal sek <sup>-1</sup>), satuan luas ialah satuan sentimeter kuadrat, dan satuan gradient suhu ialah satu skala derajat celsius per sentimeter ( 1°C cm <sup>-1</sup>). Sifat bahan penyekat panas yang terdapat dipasaran dinyatakan menurut sebuah system dimana satuan arus panas ialah 1 Btu hr <sup>-1</sup>, satuan luas 1 ft<sup>2</sup>, dan satuan gradient suhu ialah satu skala derajat Fahrenheit per inchi ( 1 F° in <sup>-1</sup>).

Dari persamaan dapat dilihat semakin besar konduktifitas termal  $k$ , makin besar pula arus panas, asal faktor-faktor lain tetap sama. Karena itu, bahan yang

harga  $k$ -nya besara adalah penghantar yang baik, sedangkan bila  $k$ -nya kecil, bahan itu kurang menghantar atau merupakan penyekat yang baik ( Mekanika, panas, bunyi).

## 2.Radiasi

Merupakan proses terjadinya perpindahan panas (kalor) tanpa menggunakan zat perantara. Perpindahan kalor secara radiasi tidak membutuhkan zat perantara, contohnya anda bisa melihat bagaimana matahari memancarkan panas ke bumi dan api yang memancarkan hangat ke tubuh anda. Kalor dapat di radiasikan melalui bentuk gelombang cahaya, gelombang radio dan gelombang elektromagnetik. Radiasi juga dapat dikatakan sebagai perpindahan kalor melalui media atau ruang yang akhirnya diserap oleh benda lain.

Istilah radiasi maksudnya ialah pancaran ( emisi ) energy terus menerus dari permukaan semua benda. Energi ini dinamakan energi *radian* dalam bentuk gelombang electromagnet. Gelombang ini bergerak secepat kecepatan cahaya dan dapat melewati ruang hampa, dan juga melalui udara. (Yang lebih baik di dalam ruang hampa, karena kalau lewat udara sebagian kecilnya akan diserap oleh udara). Kalau teralng oleh benda yang tak dapat dilaluinya, misalnya telapak tangan atau dinding kamar, gelombang itu akan diserapnya.

Energi raduan yang dipancarkan oleh suatu permukaan, per satuan waktu dan persatuan luas, bergantung pada sifat permukaan yang bersangkutan dan pada suhunya. Pada suhu rendah, banyaknya radiasi kecil dan panjang gelombangnya relatif panjang. Contoh radiasi dalam kehidupan sehari-hari dapat anda lihat saat anda menyalakan api unggun, anda berada di dekat api unggun tersebut dan anda akan merasakan hangat. Satu lagi, pernahkah anda memegang candi prambanan di siang hari? Menurut anda apa yang membuat candi tersebut hangat saat siang hari? Ya karena mendapat radiasi panas dari matahari ( Mekanika, panas, bunyi).

## 3.Konveksi

Merupakan perpindahan kalor (panas) yang disertai dengan berpindahnya zat perantara. Konveksi sebenarnya mirip dengan Induksi, hanya saja jika Induksi

adalah perpindahan kalor tanpa disertai zat perantara sedangkan konveksi merupakan perpindahan kalor yang di ikuti zat perantara. Istilah konveksi dipakai untuk perpindahan panas dari satu tempat ketempat lain akibat perpindahannya se diri. Contoh konveksi dalam kehidupan sehari-hari dapat anda lihat pada proses pemasakan air, apakah anda tau apa yang terjadi saat air dimasak? Saat air dimasak maka air bagian bawah akan lebih dulu panas, saat air bawah panas maka akan bergerak ke atas (dikarenakan terjadinya perubahan masa jenis air) sedangkan air yang diatas akan bergerak kebawah begitu seterusnya sehingga keseluruhan air memiliki suhu yang sama. Selain itu contoh konveksi yang lain juga dapat anda temui pada ventilasi ruangan dan cerobong asap. Contoh lainnya pada tungku udara panas dan system pemanasan dengan air panas, jika bahan yang dipanaskan dipaksa bergerak dengan alat peniup atau pompa, prosesnya disebut konveksi yang dipaksa, dan jika bahan itu mengalir akibat perbedaan rapat massa, prosesnya disebut konveksi alamiah atau konveksi bebas ( Mekanika, panas, bunyi).

## **2.6 Absorben**

Absorber adalah alat yang digunakan untuk proses Absorpsi, yaitu proses penyerapan fluida gas oleh seluruh bagian zat cair sebagai absorben. Proses Absorpsi digunakan untuk memisahkan suatu komponen gas dari campuran gas dengan menggunakan zat cair sebagai penyerap/ absorben. Absorben yang digunakan ditentukan dari daya larut gas pada zat cair tertentu. Adapun Contoh dari proses absorpsi adalah pemisahan oksigen dari campuran gas dengan menggunakan air sebagai absorben. Seperti yang dijelaskan sebelumnya absorber adalah alat pemisahan suatu komponen gas oleh zat cair sebagai pelarut.

Prinsip kerjanya adalah suatu campuran gas diumpankan dari bawah (bottom) tower absorber, untuk dikontakkan dengan zat cair dari atas (top) absorber. Komponen gas yang mempunyai kelarutan terbesar pada cairan tersebut akan larut bersama adsorben (zat cair) dan menjadi bottom produk, sedangkan komponen gas lainnya yang tidak terlarut dalam absorben akan ke atas sebagai top produk. Karna prinsip kerja Absorber berdasarkan kelarutan gas dalam cairan, maka

kondisi operasi Absorber adalah pada temperatur rendah, dan tekanan tinggi. Dimana pada kondisi ini, daya larut gas dalam fase cair akan maksimal ( Niariyanti Roza, 2007) Absorben adalah cairan yang dapat melarutkan bahan yang akan diabsorpsi pada permukaannya, baik secara fisik ataupun dengan reaksi kimia.( wikipedia )

Absorben yang baik memiliki beragam persyaratan seperti :

1. Memiliki daya melarutkan bahan yang besar
2. Selektif
3. Memiliki tekanan uap yang rendah
4. Sedapat mungkin tidak korosif
5. Mempunyai viskositas yang relatif rendah
6. Stabil secara termis
7. Harga terjangkau

## 2.7 Bahan-bahan isolasi

Bahan-bahan isolasi sangat mengurangi kehilangan panas yang melalui dinding. Isolasi dicapai dengan memberikan sebuah lapisan bahan yang memiliki konduktivitas panas rendah antara permukaan panas dibagian dalam tungku dan permukaan luar, jadi menjaga suhu permukaan luar tetap rendah. Bahan-bahan isolasi dapat dikelompokkan sebagai berikut :

- Batu bata isolasi
- *Castables* isolasi
- Serat keramik
- Kalsium silikat
- Pelapis keramik

Bahan-bahan isolasi memiliki konduktivitas yang rendah terhadap pori-porinya sementara kapasitas panasnya tergantung pada *bulk density* dan panas jenisnya. Bahan isolasi udara terdiri dari pori-pori yang sangat kecil dan diisi oleh udara, yang memiliki konduktivitas panas sangat rendah. Panas berlebih merugikan seluruh bahan isolasi, namun pada suhu berapa hal ini terjadi sangat

bervariasi. Oleh karena itu pemilihan bahan isolasi harus didasarkan pada kemampuannya menahan konduktivitas panas dan pada suhu tertinggi dimana bahan ini masih dapat bertahan. Salah satu bahan isolasi yang paling banyak digunakan adalah *diatomite*, juga dikenal dengan *kiesel guhr*, yang terdiri dari sejumlah massa kerangka tanaman air yang sangat kecil yang terendapkan ribuan tahun didasar lautan dan danau. Komposisi kimianya adalah silika yang tercemari oleh lempung dan bahan organik. Kisaran luas dari refraktori isolasi dengan perpaduan luas yang sekarang sudah tersedia.