

- b. Jenis *bituminous/subbituminous coal*: Warna hitam mengkilat, kurang kompak, kandungan karbon relatif tinggi, nilai kalori tinggi, kandungan air, abu, sulfur sedikit.
- c. Jenis Lignite (*brown coal*): Warna hitam, sangat rapuh, kandungan karbon sedikit, nilai kalori rendah, kandungan air, abu, dan sulfur tinggi.

2.2. Pencairan Batubara (*Coal Liquefaction*)

Batubara terdiri dari lapisan-lapisan hidroaromatik yang disebut *lamellae*. Lapisan-lapisan ini dihubungkan dengan ikatan jembatan silang (*cross link*) dengan gugus fungsional disekelilingnya. Jumlah *cross link* dan gugus fungsional ini akan berkurang dengan meningkatnya rank batubara. Gugus fungsional pada batubara merupakan komponen yang sangat reaktif dan merupakan persenyawaan H, N, O dan S. Struktur batubara yang kompleks ini dalam proses pencairan harus dipecahkan untuk membentuk produk yang lebih ringan yang kaya akan hidrogen.

Pada proses pencairan batubara, katalis sangat berperan dalam reaksi hidrogenasi pelarut donor hidrogen. Molekul hidrogen kurang reaktif dibandingkan dengan pelarut donor hidrogen dalam proses stabilisasi radikal hasil fragmentasi batubara. Sifat kurang-aktif dari molekul hidrogen menyebabkan pelarut donor hidrogen terlibat langsung dalam proses hidrogenasi fragmen-fragmen batubara tersebut. Hidrogen yang dikeluarkan dari donor hidrogen mengakibatkan pelarut tersebut menjadi tidak aktif. Pengaktifan kembali dapat dilakukan dengan reaksi hidrogenasi. Molekul hidrogen dengan bantuan katalis dapat merehidrogenasi pelarut donor hidrogen pada proses pencairan batubara tersebut.

Pencairan batubara prinsipnya melalui dekomposisi termal batubara (biasanya 400-500°C batubara sudah/mulai mengeluarkan *liquid*) kadang disebut karbonisasi atau *destructive distillation*, tapi istilah ini tidak tepat karena proses karbonisasi tidak ditujukan untuk menghasilkan liquid sebagai produk utama (C organik = C coke/char/carbon+liquid+gas). Proses secara kimiawi pada prinsipnya struktur kimia batubara dipecah menjadi kecil-kecil, ikatan-ikatan organik dipecah menjadi lebih kecil dan rasio atom H/C ditingkatkan (supaya menjadi liquid).

Ada empat cara pada proses pencairan batubara:

- a. **Pyrolysis:** batubara dipanaskan (melebihi 400°C, tekanan bisa bervariasi) tanpa oksigen (disebut juga karbonisasi seperti di atas), menghasilkan char+liquid+gas. Bisa juga dengan kondisi kaya hidrogen (hidrokarbonisasi). Proses ini sederhana tapi tidak efektif karena dominan menghasilkan char daripada liquid.
- b. **Solvent extraction:** batubara dicampur solvent untuk menghasilkan liquid dengan adanya transfer hidrogen dari solvent ke batubara atau dari gas hidrogen ke batubara (temperatur sampai dengan 500°C, tekanan bisa bervariasi sampai dengan 5000 psi). Solvent bisa berupa batubara cair hasil proses sebelumnya atau produk petroleum (bitumen dan heavy oil).
- c. **Catalytic Liquefaction:** penggunaan katalis untuk menambah hidrogen ke batubara. Katalis bisa berupa iron oxide, zinc chloride, tin chloride, dan lain lain, tapi harus tetap ada suplai hidrogen.
- d. **Indirect liquefaction:** meliputi 2 tahap konversi, (1) batubara direaksikan dengan uap air dan oksigen untuk menghasilkan gas terutama CO dan H₂, (2) kemudian gas ini dimurnikan (membersihkan S, N, dan lain-lain), hasilnya direaksikan dengan katalis untuk dikonversi menjadi cair (kadang disebut proses Fischer-Tropsch). Bisa juga dikonversi untuk menghasilkan methanol, baru kemudian methanol dikonversi menjadi liquid.

2.2.1 Reaksi dalam Proses Pencairan Batubara

a. Reaksi Substitusi

Reaksi ini merupakan dimana sebuah atom pada molekul digantikan oleh atau atom-atom lain. Termasuk didalam substitusi radikal bebas yaitu pemutusan ikatan karbon-hidrogen pada alkana seperti :

methane	CH ₄
ethane	CH ₃ CH ₃
propane	CH ₃ CH ₂ CH ₃

Ikatan baru nantinya membentuk sesuatu yang lain. Juga termasuk pada alkil seperti metil dan etil.

metil	CH ₃
etil	CH ₃ CH ₂

Sebagai contoh, asam etanoik berupa CH₃COOH dan mengandung sebuah metil. Ikatan karbon-hidrogen sama seperti metan yang bisa diputuskan dan digantikan oleh atom yang lain.

Berikut ini contoh sederhana substitusi yaitu antara metan dan klorin dengan adanya sinar ultraviolet (atau sinar matahari).



Perhatikan bahwa atom hidrogen pada metan digantikan dengan atom klorin. Itulah yang disebut dengan substitusi.

b. Reaksi radikal bebas

Radikal bebas merupakan atom atau grup atom yang memiliki sebuah elektron tidak berpasangan/bebas. Reaksi substitusi radikal bebas merupakan reaksi yang berhubungan dengan radikal bebas. Radikal bebas dibentuk jika ikatan terbelah menjadi dua yang sama sehingga setiap atom mendapat satu dari dua elektron yang dipakai untuk berikatan. Disebut juga sebagai pembelahan homolitik.

Untuk menunjukkan sesuatu (atom atau grup atom) merupakan radikal bebas, dituliskan dengan simbol titik untuk menunjukkan elektron yang tidak berpasangan. Sebagai contoh :

Radikal Klorin	Cl*
Radikal Metil	CH ₃ *

2.2.2 Thermal Cracking pada Alkana

a. Karakteristik Alkana

Alkana merupakan molekul yang sangat tidak reaktif. Umumnya reaksi memerlukan input energi untuk menginisiasi reaksi contohnya pada pemutusan ikatan pada temperatur tinggi. Kurang reaktifnya senyawa ini disebutkan oleh dua faktor :

a) Kekuatan ikatan

Ikatan C-C dan C-H yang kuat sehingga tidak mudah untuk melakukan pemutusan ikatan.

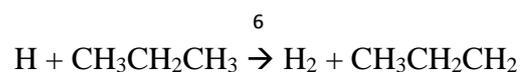
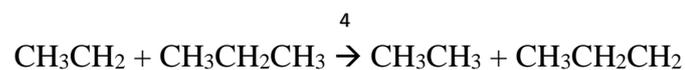
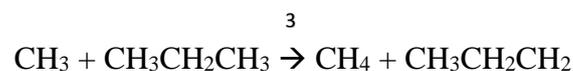
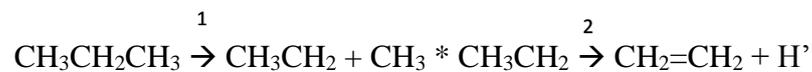
b) Sifat ikatan

- Karbon dan hidrogen memiliki keelektronegatifan yang sama sehingga tak ada ikatan polar yang mudah memberikan atom karbon positif yang mudah diserang pasangan elektron donor yang bersifat elektrofilik.
- Seluruh ikatan C-C dan C-H merupakan ikatan kovalen tunggal dan tidak ada daerah yang memiliki densitas elektron yang tinggi dan dapat menyerang pasangan elektron donor yang bersifat elektrofilik.

2.2.3 Thermal Cracking Radikal Bebas pada Alkana

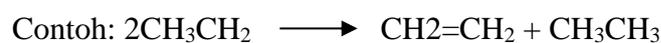
Contoh : $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3 \Rightarrow \text{CH}_4, \text{CH}_2=\text{CH}_2, \text{CH}_3\text{CH}_3, \text{CH}_2=\text{CHCH}_3, \text{H}_2$

- Persamaan ini tidak dimaksudkan untuk disetarakan tetapi hanya menunjukkan variasi produk.
- Ketika hidrokarbon alkana dipanaskan pada temperatur tinggi maka senyawa tersebut akan terdekomposisi secara termal atau terputus menjadi beberapa alkanan dengan jumlah atom C yang lebih sedikit atau alkena jumlah atom C yang sama atau lebih sedikit.



Gambar 2. Radikal bebas *thermal cracking* alkana
(Sumber : Nurisman, 2007)

- Jika temperatur cukup tinggi, energi kinetik dari partikel kekurangan untuk menyebabkan fisis ikatan pada saat tumbukan dan ini menyebabkan reaksi rantai radikal bebas.
- Langkah (1) adalah langkah *inisiasi* dimana ikatan C-C pada suatu molekul alkana dipecah menjadi dua radikal bebas alkyl dengan fisis ikatan homolitik. Ini artinya pasangan elektron pada ikatan C-C dipecah antara dua radikal yang terbentuk.
- Ikatan terlemah yang pertama kali akan terputus dalam langkah inisiasi, ikatan C-C (entalpi ikatan 348 kJ/mol) akan cenderung pertama kali terputus. Sedangkan ikatan C-H lebih kuat (entalpi ikatan 412 kJ/mol).
- Titik merah menunjukkan elektron yang tidak berpasangan pada radikal bebas.
- Radikal bebas adalah jenis yang kereaktifannya tinggi dengan elektron yang tidak berpasangan dan cenderung membentuk ikatan baru dengan cepat, dalam hal ini dengan cara menghilangkan hidrogen dari molekul dengan langkah (2) sampai (6) atau berpasangan dengan radikal lainnya contohnya langkah (7) dan (8).
- Langkah (2) sampai (6) adalah langkah *propagasi* rantai, karena sama halnya dengan hasil, radikal bebas juga terus dihasilkan untuk melanjutkan reaksi rantai dan menyebabkan, dalam hal ini bermacam-macam produk lain.
- Langkah (7) dan (8) adalah dua kemungkinan langkah *terminasi* rantai yang menghilangkan kereaktifan alkyl radikal bebas yang tinggi. Elektron yang tidak berpasangan dari dua radikal akan berpasangan sehingga membentuk ikatan baru.
- Juga dapat melakukan terminasi dengan bentuk alkena dan alkana secara simultan.

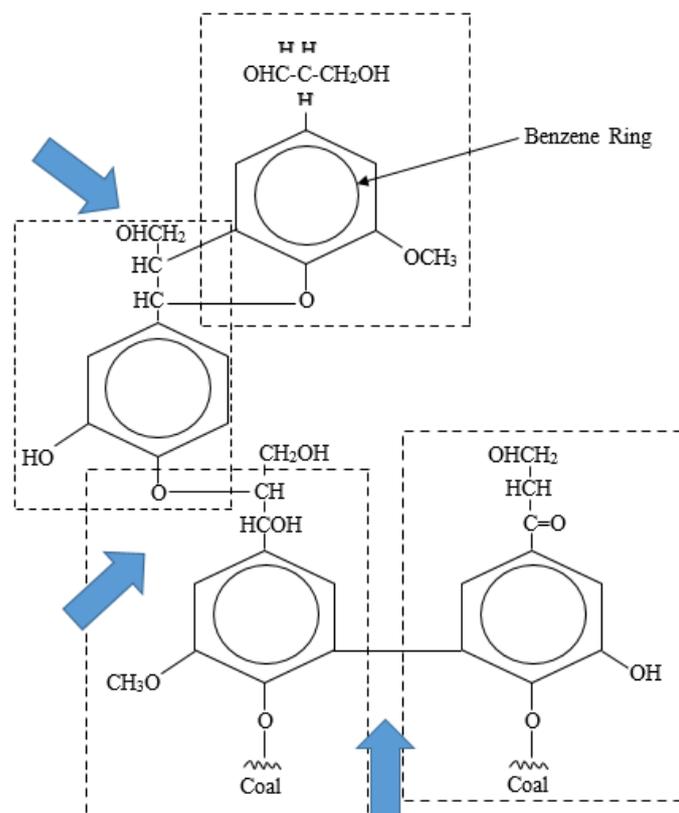


Atau kombinasi isomer untuk membentuk methylpropana $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_3$ seperti butane yang diharapkan.

2.2.4 Mekanisme Hipotetikal Proses Pencairan Batubara

a. Tahap destabilisasi

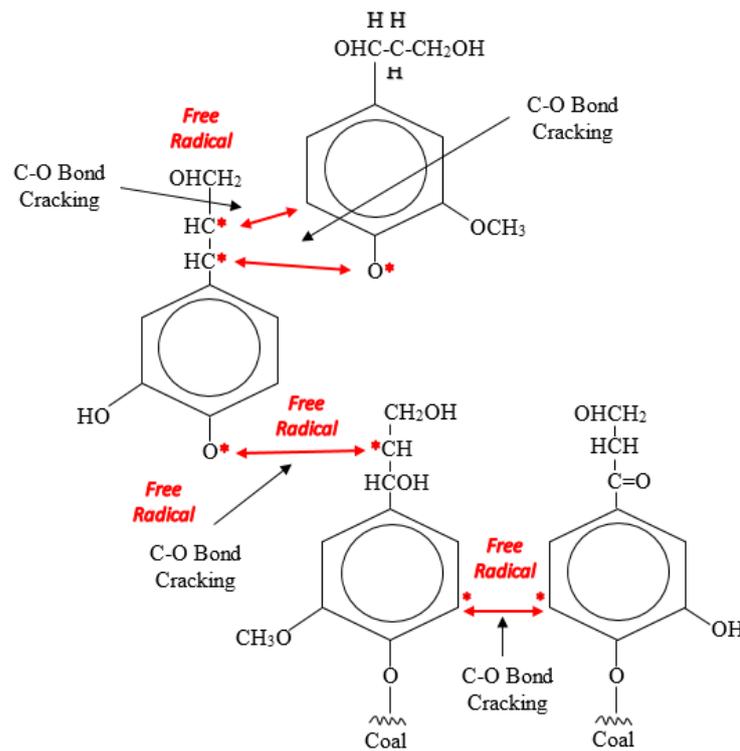
Tahapan ini merupakan tahapan awal yang dilakukan sebelum tahapan pemutusan ikatan secara termal. Tahapan ini dimaksudkan untuk mengganggu kestabilan ikatan senyawa kompleks batubara sehingga akan melemahkan energi ikatannya. Proses destabilisasi ini dilakukan dengan menggunakan medan elektromagnet dan elektrolisis secara simultan. Medan elektrolisis akan menyebabkan terjadinya gangguan dan splitting pada level energi bilangan kuantum magnetik atom yang berikatan sedangkan elektrolisis akan mengacak gaya Van der Waalsnya. Dengan memanfaatkan senyawa-senyawa minor pada batubara maka akan membantu untuk melemahkan gaya van der Waals molekul-molekul batubara sehingga molekul ini merenggang jaraknya. Selanjutnya pelarut akan masuk ke dalam pori-pori molekul sehingga akan terjadi pembengkakan (*swelling*) molekul-molekul batubara ini.



Gambar 3. Proses Destabilisasi pada ikatan batubara
(Sumber : Nurisman, 2007)

b. Depolymerisation

Bagian ini lebih dikenal dengan proses perengkahan panas (*thermal cracking*). Batubara yang telah mengalami proses pembengkakan (*swelling*) dengan bantuan panas dari luar akan membantu memutuskan ikatan antar molekul-molekul batubara. Tahapan *thermal cracking* didahului oleh ikatan inisiasi dengan pemutusan secara homolitik menjadi radikal-radikal bebas. Pemutusan ikatan menjadi radikal bebas ini terjadi pada ikatan yang terlemah yaitu ikatan tunggal C-C dan C-O. Dengan pemutusan ikatan C-C ini maka akan terbentuk senyawa hidrokarbon baru dengan berat molekul yang lebih kecil dari senyawa kompleks batubara yang besar. Setelah terjadi inisiasi maka akan dilanjutkan dengan tahap propagasi ikatan membentuk beberapa jenis rantai hidrokarbon yang beragam. Tahapan ini akan diakhiri dengan mekanisme terminasi radikal bebas melalui proses stabilisasi.

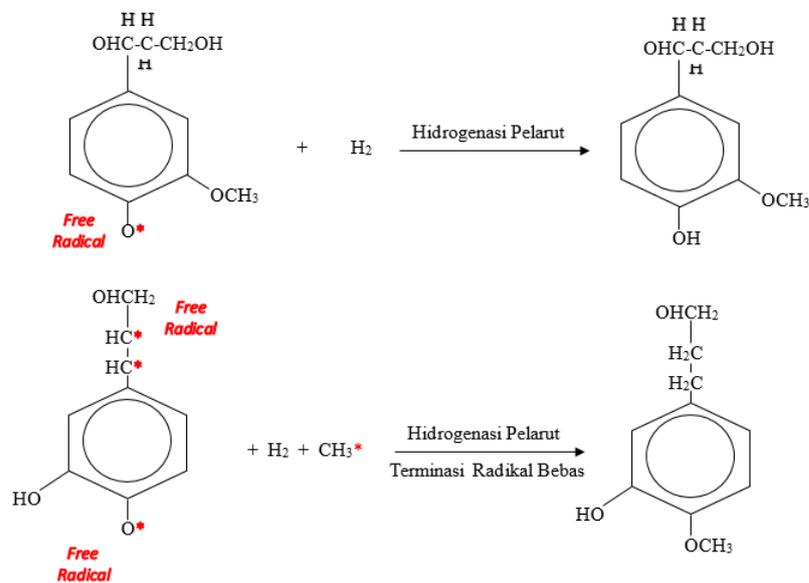


Gambar 4. Proses *Thermal Cracking* pada ikatan batubara
(Sumber : Nurisman, 2007)

c. Tahap Stabilisasi

Tahap ini bertujuan untuk menstabilkan radikal bebas yang terbentuk selama *thermal cracking* terjadi. Bagian ini dikenal dengan proses ekstraksi pelarut (*solvent*

extraction). Molekul-molekul batubara dengan berat molekul yang kecil dan dalam keadaan tak stabil akan distabilkan kembali dengan bantuan pelarut donor hidrogen. Pelarut ini akan memberikan molekul hidrogennya pada molekul batubara yang tak jenuh agar batubara menjadi jenuh kembali. Selain memberikan donor hidrogen juga berkontribusi membentuk radikal lain yang akan berikatan dengan radikal hasil proses *thermal cracking* sehingga dapat saling menstabilkan. Tahap ini juga diharapkan dalam keadaan yang turbulensi agar proses ekstraksi batubara oleh pelarut lebih cepat dan homogen.



Gambar 5. Proses *Thermal Cracking* pada ikatan batubara
(Sumber : Nurisman, 2007)

Beberapa faktor penting yang mempengaruhi hasil konversi produk dan konsumsi hidrogen pada proses pencairan batubara, antara lain:

a. Pengaruh peringkat batubara

Peringkat asal batubara mempengaruhi konversi produk yang dihasilkan. Syaker dan Kelvin mempelajari pengaruh karakteristik batubara terhadap minyak yang dihasilkan setelah proses pencairan, mereka menyatakan bahwa semakin tinggi peringkat batubara, makin sedikit minyak yang dihasilkan.

b. Pengaruh rasio batubara/pelarut

Rasio batubara/pelarut (*coal-solvent ratio*) yang digunakan mempunyai peranan yang penting dalam menaikkan konversi produk yang dihasilkan.

Pelarut yang digunakan biasanya mengandung hidroaromatik, seperti: tetralin, dekalin, dihidroantresen, dihidrofenantren dan lain lain. Pelarut yang dipilih biasanya mempunyai temperatur superkritis pirolisis batubara, sebagai contoh: tetralin mempunyai temperatur kritis 448°C, sehingga proses pencairan biasanya dilakukan sekitar temperatur 450°C. Jones dan Rotterdam (1980) menyatakan bahwa dengan rasio berat batubara/pelarut: $\frac{1}{4}$ dan $\frac{1}{3}$ ternyata menunjukkan hasil konversi produk yang hampir sama. Menurut Ghazali dan Nasir (1994), dengan rasio batubara/pelarut: $\frac{2}{3}$ dan $\frac{1}{3}$ diperlukan konsumsi hidrogen berturut-turut: 2,4% dan 2,5%, konsumsi hidrogen yang tinggi ini menunjukkan kemampuan pelarut berfungsi dengan baik.

c. Pengaruh kondisi operasi

Kondisi operasi proses pencairan batubara yang utama disini adalah:

- Pengaruh temperatur operasi

Temperatur operasi pencairan batubara biasanya terjadi antara 375°C–450°C. Batubara bituminus bila dipanaskan pada temperatur 325°C-350°C akan lunak dan bersifat plastis, keadaan ini disebut “*plastic state*”, dan pada kondisi ini kecepatan reaksi berjalan sangat lambat, bahkan belum terjadi reaksi. Laju pemanasan yang cepat untuk mencapai temperatur operasi optimum akan melindungi bagian reaktif batubara terhadap polimerisasi.

- Pengaruh waktu operasi

Waktu operasi proses pencairan batubara sekitar 20 menit sampai 2 jam, namun ada peneliti yang menyatakan bahwa terjadi peningkatan konversi batubara menjadi produk minyak dengan kenaikan waktu operasi sampai 200 menit. Pemanasan partikel batubara secara cepat dalam media gas hidrogen dapat meningkatkan waktu kontak sehingga kurang dari 15 menit (*short contact time liquefaction*), dengan konversi produk yang tetap tinggi.

2.3. Pelarut dalam Proses Likuifaksi Batubara

Proses likuifaksi batubara dijalankan pada suhu 315-470°C, melalui dua cara yaitu dengan menggunakan proses pelarutan (solvasi) dan tanpa menggunakan pelarut. Cara pertama batubara dilarutkan dalam pelarut tertentu yang mempunyai sifat donor-H ataupun tidak, kemudian hidrogen bertekanan diinjeksikan ke dalamnya. Pada cara kedua dilakukan hidrogenisasi secara langsung tanpa menggunakan pelarut.

Minyak tanah atau kerosin merupakan cairan hidrokarbon yang tak berwarna dan mudah terbakar dan memiliki titik didih antara 200 °C dan 300 °C. Minyak tanah atau disebut juga parafin. Minyak tanah banyak digunakan untuk lampu minyak dan kompor, sekarang banyak digunakan sebagai bahan bakar mesin jet (Avtur, Jet-A, Jet-B, JP-4 atau JP-8). Kerosin dikenal sebagai RP-1 digunakan sebagai bahan bakar roket. Pada proses pembakarannya menggunakan oksigen cair. Kerosin didestilasi langsung dari minyak mentah dan memerlukan pengendalian khusus dalam sebuah unit Merox atau hydrotreater untuk mengurangi kadar belerang dan perkaratan. Kerosene dapat juga diproduksi oleh hydrocracker, yang digunakan untuk meningkatkan bagian dari minyak mentah yang cocok untuk bahan bakar minyak.

- Densitas : 0,750-0,845 kg / l, zat cair
- Titik Lebur : -60 ° C to -26 ° C
- Titik Didih : ~ 150 to 300 ° C
- Viskositas : 8,0-8,8 mm² / s (-20 ° C)
- Titik Nyala : 28 to 60 ° C (Wikipedia, 2016)

2.4. Katalis dalam Proses Likuifaksi Batubara

Peranan katalis dalam pencairan batubara adalah untuk membantu memasukkan atom hidrogen yang berasal dari disosiasi molekul hidrogen ke dalam batubara atau campuran batubara pelarut sehingga menaikkan ketersediaan hidrogen aktif. Berdasarkan fasanya katalis dibedakan menjadi dua yaitu katalis homogen dan katalis heterogen. Katalis homogen merupakan katalis yang mempunyai fasa sama dengan fasa reaksi sehingga daya yang dihasilkan lebih kuat

daripada katalis heterogen. Kelemahan katalis homogen adalah sulit dipisahkan dari sistem reaksinya. Katalis heterogen adalah katalis yang mempunyai fasa berbeda dengan fasa reaksinya, sehingga katalis heterogen kurang reaktif, tetapi katalis ini lebih mudah dipisahkan dengan sistem reaksinya serta relatif stabil dalam perlakuan panas (Zhao, et al., 2006; Syukri, et al., 2007). Kriteria pemilihan katalis antara lain adalah kereaktifannya tinggi, harganya murah dan mudah diproduksi. Beberapa katalis yang termasuk kriteria tersebut adalah Fe_2O_3 , ZnCl_2 , dan SnCl_2 .

Katalisator digunakan untuk menurunkan energi aktivasi zat-zat pereaksi, sehingga pada suhu yang tetap reaksi berlangsung lebih cepat. Makin banyak katalisator yang digunakan, konversi akan bertambah, tetapi pada suatu saat penambahan katalisator tidak akan menambah hasil cair yang berarti. Selain itu penggunaan katalisator dalam proses liquifaksi batubara dapat mereduksi kandungan sulfur dalam produk (Masduki, dkk., 2001).

Di antara berbagai halida logam, seng klorida adalah salah satunya. Seng klorida akan cair pada kondisi reaksi dan pada gilirannya berfungsi untuk mengatasi beberapa masalah dalam katalisis heterogen. Keuntungan tambahan dari menggunakan seng klorida termasuk minim penggunaan hidrogen dan kemungkinan katalis diresikel melebihi 99%. Mengingat keunggulan ini oleh berbagai kelompok riset seng klorida telah diterapkan. Peneliti juga telah mengembangkan proses percontohan memanfaatkan seng klorida sebagai katalis utama (Ghandi, 2013).

Adapun spesifikasi dari zink klorida (ZnCl_2) adalah sebagai berikut :

1. Berat Molekul : 136,3 gr/mol
2. Titik didih : 732°C
3. Titik Lebur : 290°C
4. Tekanan Uap pada 428°C : 1 mmHg
5. Densitas : 2,91 gr/mL
6. Kelarutan pada 25°C : 423 gr/100 gr Air
7. pH : 4
8. berupa kristal putih dan tidak berbau

(Wikipedia, 2009)

2.5. Elemen Pemanas

Elemen pemanas adalah elemen yang menghasilkan panas yang bersumber dari material yang mempunyai resistansi yang tinggi terhadap listrik yang kemudian diberi arus listrik. Ada banyak macam dari elemen pemanas ini tergantung dari kebutuhan. Namun pada dasarnya dapat di kategorpkan sebagai berikut :

a. Elemen Pemanas Bentuk Awal

Yaitu elemen pemamas dimana material beresistansi tinggi tersebut kemudian dilapisi oleh material isolator listrik. Isolator tersebut bisa dari keramik, silikon dan sebagainya.

b. Elemen Pemanas Bentuk Lanjutan

Merupakan elemen pemanas yang bentuknya mengalami pengembangan. Untuk menambah efisiensi, ketahanan ataupun meningkatkan fungsi dari pemanas tersebut dilakukan penambahan lapisan logam, pipa ataupun lembaran plat pada badan elemen pemanas. Logam yang digunakan yaitu kuningan, tembaga, bronze, *stainless steel* dan *steel* (besi).

2.6. *Ceramic Heater*

Ceramic Heater ataupun pemanas keramik adalah item kompleks yang menghasilkan panas dengan melewati listrik melalui material beresistansi tinggi yang tertanam dalam piringan keramik. Dengan sepenuhnya ditanam dalam keramik maka panas langsung ditransfer ke lapisan keramik tersebut. Hal ini juga bermanfaat untuk kawat pemanas sehingga terlindungi dan dapat memperpanjang umur elemen. Penemu dari pemanas keramik tersebut di atas adalah perusahaan Elstein-Werk dari Jerman. Untuk model dasar radiator keramik sebagai bola dengan sekrup-topi, paten untuk Elstein diterbitkan pada 24 Maret 1949. Item ini dikenal juga di seluruh dunia dengan nama “Elsteinheater”.

Biasanya dimanfaatkan untuk memanaskan benda yang permukaannya padat diantaranya untuk memanaskan : plastik, makanan, ruangan, *metal*, cat, dan lain-lain. Aplikasi lainnya juga digunakan sebagai *drying* untuk material plastik foil dan *sheet* hasil cetakan *printer*, *furniture* kayu , material kaca, dan lain-lain.

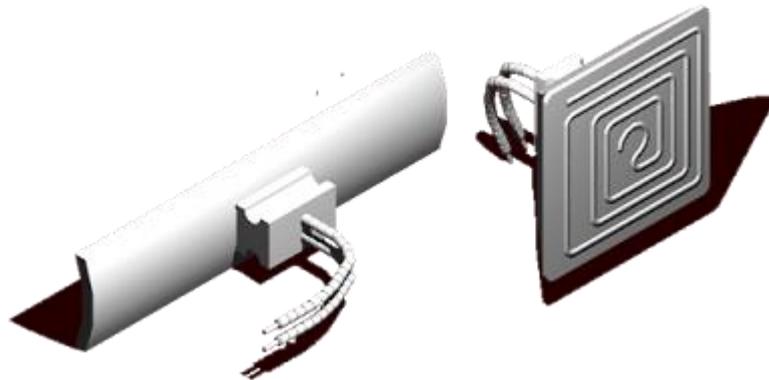
1. Silica Dan Quartz Heater

Silica (Silikon Oksida) bisa berbentuk gelas, semen atau keramik. Pemanas silica biasanya adalah elemen (material beresistansi tinggi) yang dibuat kompleks, kemudian dilapisi oleh silica. Sehingga panasnya memancar karena bahan silica yang bening. Penjelasan untuk Quartz pun serupa dengan silica.

Silica/Quartz heater juga disebut dengan *Infrared Heater*/Pemanas Infrared. Ini disebabkan karena pancaran panas yang dihasilkan merupakan radiasi cahaya infrared. Radiasi bias terjadi antara 780nm sampai 1mm tergantung dari panas yang dihasilkan. Hubungan antara temperatur dan jarak radiasi disebutkan dalam hukum "Wien's Displacement". Pemanas Infrared mampu menghasilkan panas kapasitas produksi penuh dalam 40 sampai 50 detik dan dingin dalam waktu kurang dari 15 detik. Pemanas infrared karakteristiknya yang sangat baik saat dioperasikan terus menerus atau sebentar-sebentar. Dengan panas yang cepat dan waktu respon dingin. Untuk pemanasan yang paling efisien dan masa operasi lebih lama, aplikasi pemanas kuarsa sekitar 35 sampai 40 watt per inci persegi.

Aplikasi :

- Laminating
- Thermoforming
- Pembentukan Plastik
- Fusing
- Pemanas Makanan
- Pencairan
- Menyalin Peralatan Elektrostatis
- Pengolahan Makanan
- Pengeringan Peralatan Film & Foto
- Pengeringan Tekstil
- Pengeringan Lacquers dan Cat
- Pengeringan Cores Pasir
- Ruang Pemanas



Gambar 6. Infrared Heater

(Sumber: <http://muliajaya-heater.blogspot.co.id/2013/05/>)

2. Bank Chanel Heater

Chanel Heater ataupun Saluran Elemen Pemanas adalah jenis pemanas yang telah dirancang untuk memberikan pemanasan modular pada unit yang diinginkan. Didesain dengan kuat sehingga cocok untuk dipakai pada tegangan rendah sekalipun. Dengan sifatnya yang *portable* maka cocok untuk digunakan dalam tungku sementara.

Elemen panas dihasilkan dari kumparan kawat nikel krom yang di masukkan kedalam tabung alumunium kemudian di rangkai dengan tabung lainnya dengan saluran dari bahan stainless. Atau pemanas ini dapat diproduksi dengan menggunakan bahan keramik seperti heater umumnya, desain seperti ini cocok untuk temperatur sampai dengan 800°C . Untuk penggunaan diatas suhu tersebut dapat dicapai dengan variasi komposisi kumparan kawat dan desain dari pemanas tersebut. Nominal tegangan bervariasi hingga 240 V.

Pemanas ini harus diberi arus sebesar 55 A dan tegangan bervariasi antara 30 sampai 277V. Jika kebutuhan pemanasan makin tinggi, maka memungkinkan sambungan dari pemanas dikelompokkan menjadi tiga dan memakai pasokan listrik 3fasa.

Aplikasi dari jenis pemanas ini biasa ditemukan pada industry-industri seperti piringan panas, cetakkan (mold & dies) ataupun pada permukaan dimana panas dibutuhkan.

3. Black Body Keramik *Heater*

Sama halnya seperti pemanas keramik, namun pada jenis ini mempunyai efisiensi maksimum yaitu dengan mengubah setiap energi daya menjadi energi radisi. Konveksi kerugian yang maksimal, suhu dapat dikendalikan dengan proses yang dikategorikan dalam "*thermocouple built-in*". Panjang gelombang dapat disesuaikan dengan karakteristik penyerapan dari bahan yang dipanaskan. Kehilangan panas dan perubahan proses juga dapat dikurangi.

Badan Black Body Keramik *Heater* dengan lubang lubang 5/16" (8mm) di seluruh permukaan praktis untuk aplikasi pemanasan berseri-seri dengan kebutuhan pendinginan. Sepanjang 8-7/8" x 12-1/8" (225mm x 308mm) kombinasi radiasi/sumber panas konvektif diperlukan udara yang ditiupkan melalui permukaan sehingga memberikan pendinginan atau transfer konveksi panas.