

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Pemanas Induksi

Suatu pemanas induksi dapat kita bayangkan bagian dari suatu trafo dengan pengisian arus terjadi pada lilitan kumparan. Setelah sumber AC dihubungkan dengan kumparan maka arus bolak-balik akan mengalir pada semua bagian konduktor dan akan timbul medan magnet di sekitar kumparan induksi tersebut. Apabila pada kumparan tersebut ditempatkan suatu bahan konduktif, maka akan timbul arus eddy dalam bahan tersebut. Karena arus eddy dalam mengambil energinya dalam bentuk panas sedangkan magnet dalam bentuk lingkaran, maka panas yang dihasilkan dari pemanasan akan berubah apabila terjadi perubahan frekuensi.

Pemanas induksi ditunjukkan sebagai rugi-rugi arus eddy sebab pemanasannya terjadi pada inti besi yang diberi frekuensi. Karena panas yang ditimbulkan pada bahan pemanas sepenuhnya dari fluks magnetik yang diciptakan oleh lilitan induktor, maka hanya dengan mengubah intensitas fluks maka kemampuan pembangkitan panas bisa dikontrol. (Ambar Rencono, 2000)

Kumparan pemanas induksi yang berfungsi sebagai beban merupakan pengaplikasian dari sumber AC yang berfrekuensi tinggi, dalam penerapannya maka pada permukaan kumparan dapat diletakkan sebuah lempengan baja. Pemanas akan dikondisikan sesuai dengan frekuensi yang dihasilkan sumber AC sehingga proses dari pemanas induksi ini akan terlihat dengan mengamati perubahan temperature pada inti besi tersebut.

Sebuah pemanas sangat dipengaruhi oleh temperatur ruangan, waktu dan bahan yang digunakan pada saat alat pemanas tersebut digunakan. Berikut ini merupakan karakteristik dari pemanasan induksi antara lain: (Ambar Rencono, 2000)

- a. Pemanas harus dikonsentrasikan pada permukaan bahan yang akan dikerjakan.
- b. Rata-rata pemanas harus ditentukan sesuai bahan yang dikerjakan.
- c. Bagian dari permukaan yang dipanaskan dapat dikontrol, tetapi ada sedikit

- pemborosan panas.
- d. Total pemanas perbagian dari pekerjaan dapat dikontrol dengan *elektric timer*.
 - e. Pada sebuah pemanas efisiensinya lebih dari 50% dari harga peralatan pemanas pada umumnya.

2.2 Komponen Elektronika

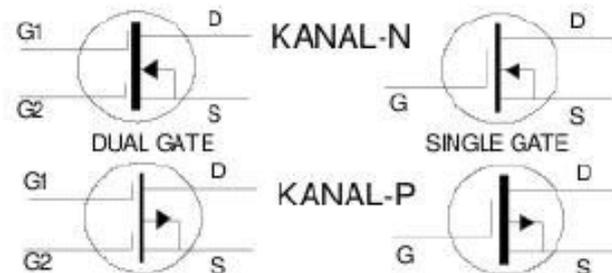
Komponen elektronika daya merupakan komponen yang sangat penting, dimana keberadaan komponen elektronika daya inilah yang mampu untuk mengkonversi besaran listrik dari searah menjadi besaran listrik bolak-balik dan sebaliknya, juga untuk mengatur frekuensi yang diharapkan, dan lain sebagainya.

2.2.1 MOSFET

MOSFET merupakan singkatan dari *Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor* yang merepresentasikan bahan-bahan penyusunnya yang terdiri dari logam, oksida dan semikonduktor (Baskara Internalis, 2007). Terdapat 2 jenis MOSFET yaitu tipe NPN atau N channel dan PNP atau biasa disebut P channel. MOSFET dibuat dengan menyusun lapisan oksida pada semikonduktor dari tipe NPN maupun PNP dan lapisan logam diletakkan di atasnya.

Biasanya bahan semikonduktor pilihan adalah silikon, namun beberapa produsen IC, terutama IBM, mulai menggunakan campuran silikon dan germanium (SiGe) sebagai kanal MOSFET. Sayangnya, banyak semikonduktor dengan karakteristik listrik yang lebih baik daripada silikon, seperti *galium arsenid* (GaAs), tidak membentuk antarmuka semikonduktor ke isolator yang baik sehingga tidak cocok untuk MOSFET. Hingga kini terus diadakan penelitian untuk membuat isolator yang dapat diterima dengan baik untuk bahan semikonduktor lainnya. Untuk mengatasi peningkatan konsumsi daya akibat kebocoran arus gerbang, dielektrik κ tinggi menggantikan silikon dioksida sebagai isolator gerbang, dan gerbang logam kembali digunakan untuk menggantikan polisilikon. Gerbang dipisahkan dari kanal oleh lapisan tipis isolator yang secara tradisional adalah silikon dioksida, tetapi yang lebih maju menggunakan teknologi *silicon oxynitride*. Beberapa perusahaan telah mulai

memperkenalkan kombinasi dielektrik κ tinggi + gerbang logam di teknologi 45 nanometer. (Baskara Internalis, 2007)

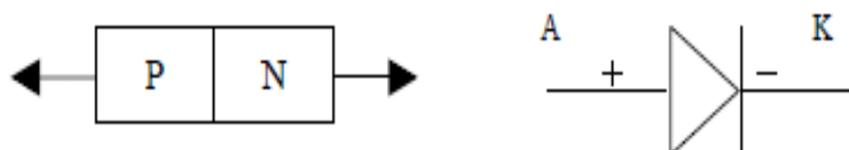


Gambar 1. Skema MOSFET Sederhana

Sumber: (Choirul Anam, 2008)

2.2.2 Dioda

Dioda atau *diode* adalah sambungan bahan p-n yang berfungsi terutama sebagai penyearah. Bahan tipe-p akan menjadi sisi anoda sedangkan bahan tipe-n akan menjadi katoda. Bergantung pada polaritas tegangan yang diberikan kepadanya, dioda bisa berlaku sebagai sebuah saklar tertutup (apabila bagian anoda mendapatkan tegangan positif sedangkan katodanya mendapatkan tegangan negatif) dan berlaku sebagai saklar terbuka (apabila bagian anode mendapatkan tegangan negatif sedangkan katode mendapatkan tegangan positif). Kondisi tersebut terjadi hanya pada diode ideal-konseptual. Pada dioda faktual (*riil*), perlu tegangan lebih besar dari 0,7V (untuk dioda yang terbuat dari bahan silikon) pada anoda terhadap katoda agar dioda dapat menghantarkan arus listrik. Tegangan sebesar 0,7V ini disebut sebagai tegangan halang (*barrier voltage*). Dioda yang terbuat dari bahan Germanium memiliki tegangan halang kira-kira 0,3V. (Choirul Anam, 2008)



Gambar 2. Susunan dan Simbol Dioda

Sumber: (Choirul Anam, 2008)

2.2.3 Resistor

Hambatan adalah komponen elektronika yang selalu digunakan dalam setiap rangkaian elektronika karena dia berfungsi sebagai pengatur arus listrik. Hambatan disingkat dengan huruf "R" (huruf R besar). Satuan Hambatan adalah Ohm, yang menemukan adalah George Simon Ohm (1787-1854), seorang ahli fisika bangsa Jerman. Hambatan listrik dapat didistribusikan sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 3. Resistor

Sumber: (Choirul Anam, 2008)

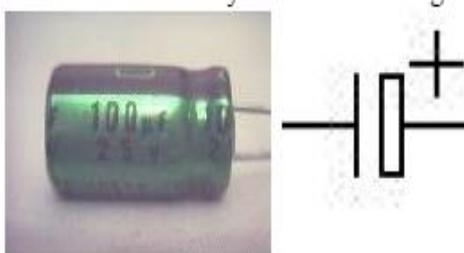
Perhatikan gambar 5 disamping, sebuah Hambatan mempunyai jumlah cincin sebanyak 5 diantaranya yaitu cincin pertama, cincin kedua, cincin ketiga (*multiplier*), cincin keempat (toleransi), dan cincin kelima (kualitas). Pada gambar 5 kita dapatkan bahwa Hambatan tersebut berwarna biru, merah, merah, emas dan merah.

2.2.4 Kapasitor

Kondensator (*Capasitor*) adalah suatu alat yang dapat menyimpan energi di dalam medan listrik, dengan cara mengumpulkan ketidakseimbangan internal dari muatan listrik. Kondensator memiliki satuan yang disebut Farad. Ditemukan oleh Michael Faraday (1791-1867). Kondensator kini juga dikenal sebagai "kapasitor", namun kata "kondensator" masih dipakai hingga saat ini. Pertama disebut oleh Alessandro Volta seorang ilmuwan Italia pada tahun 1782 (dari

bahasa Italia *condensatore*), berkenaan dengan kemampuan alat untuk menyimpan suatu muatan listrik yang tinggi dibanding komponen lainnya. Kebanyakan bahasa dan negara yang tidak menggunakan bahasa Inggris masih mengacu pada perkataan bahasa Italia "*condensatore*", seperti bahasa Perancis *condensateur*, Indonesia Kondensator dan Jerman atau Spanyol *Condensador*.

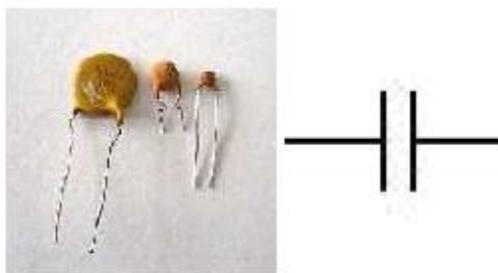
- a. Kondensator diidentikkan mempunyai dua kaki dan dua kutub yaitu positif dan negatif serta memiliki cairan elektrolit dan biasanya berbentuk tabung.



Gambar 4. Salah Satu Jenis Kondensator Beserta Lambangnya

Sumber: (Choirul Anam, 2008)

- b. Sedangkan jenis yang satunya lagi kebanyakan nilai kapasitasnya lebih rendah, tidak mempunyai kutub positif atau negatif pada kakinya, kebanyakan berbentuk bulat pipih berwarna coklat, merah, hijau dan lainnya seperti tablet atau kancing baju yang sering disebut kapasitor (*capacitor*).



Gambar 5. Salah Satu Jenis Kapasitor Beserta Lambangnya

Sumber: (Choirul Anam, 2008)

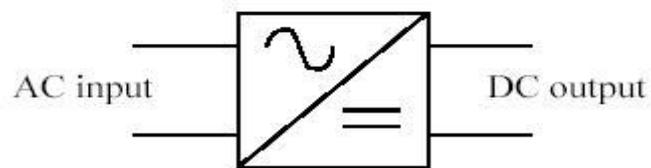
Namun kebiasaan dan kondisi serta artikulasi bahasa setiap negara tergantung pada masyarakat yang lebih sering menyebutkannya. Kini kebiasaan orang tersebut hanya menyebutkan salah satu nama yang paling dominan digunakan atau lebih sering didengar. Pada masa kini, kondensator sering disebut kapasitor (*capacitor*) ataupun sebaliknya yang pada ilmu elektronika disingkat dengan huruf (C).

2.3 Rangkaian Daya

rangkaian daya yaitu rangkaian yang merupakan jalur tegangan utama motor bisa 220V, 380V, 660V, bahkan 6.6 kV, dan sebagainya. Aliran arus ke motor ditentukan oleh kondisi anak kontak dari kontaktor utama.

2.3.1 Rectifier/Penyearah

Penyearah berfungsi mengkonversi besaran AC ke besaran DC dengan menggunakan dioda, thyristor atau pensaklaran terkontrol. Diagram blok penyearah ditunjukkan seperti Gambar 7.



Gambar 6. Blok Diagram Penyearah

Sumber: (Albert Z N, 2007)

2.3.1.1 Penyearah gelombang penuh dengan center-tap

Penyearah dengan *center tap* memerlukan dua dioda dan akan menghasilkan tegangan yang lebih rata dibanding penyearah setengah gelombang.

2.3.1.2 Penyearah tak terkontrol 1 fasa gelombang penuh

Penyearah digunakan untuk mengubah besaran AC menjadi besaran DC. Penyearah tipe ini dipilih karena pada aplikasi dilapangan sumber AC 1 fasa lebih mudah ditemukan daripada sumber AC 3 fasa. Selain itu, penyearah jenis ini menyediakan tegangan keluaran rata-rata yang lebih tinggi, *ripple* pada tegangan keluarannya lebih kecil dan frekuensi ripple yang lebih tinggi dibandingkan dengan penyearah satu fasa setengah gelombang. Dengan demikian, kebutuhan untuk menghaluskan gelombang arus beban dan tegangan beban menjadi lebih sederhana. Di dalam penyearah 1 fasa gelombang penuh, terdapat empat dioda yang konduksi secara berpasangan. Oleh karena itu akan diperoleh tegangan output yang lebih rata, sedang frekuensi *ripple*-nya menjadi dua kali dari frekuensi input.

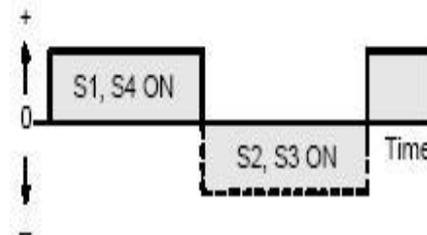
2.3.2 Inverter

Inverter merupakan alat yang dapat mengkonversi besaran listrik DC menjadi besaran listrik AC (Habibi, 2007). Prinsip kerja sebuah inverter satu fasa sederhana ditunjukkan pada gambar 8. Salah satu jenis inverter yang biasa digunakan adalah inverter jenis jembatan penuh. Inverter jenis ini sederhana dan mudah dioperasikan. Rangkaian inverter ini terdiri dari empat buah saklar semikonduktor, sebuah sumber arus DC dan sebuah *driver* untuk menjalankan keempat saklar tersebut.

Urutan pensaklaran MOSFET S1, S2, S3, dan S4 adalah sebagai berikut;

- Saklar S1, dan S4 *on*, sementara saklar S2, dan S3 *off* arus pada beban mengalir dari A ke B
- Saklar S2, dan S3 *on*, sementara saklar S1, dan S4 *off* arus pada beban mengalir dari A ke B

Dari operasi pensaklaran diatas akan diperoleh bentuk gelombang tegangan beban diperlihatkan Gambar 8.



Gambar 7. Bentuk Gelombang Tegangan pada Beban.

Sumber: (Albert Z N, 2007)

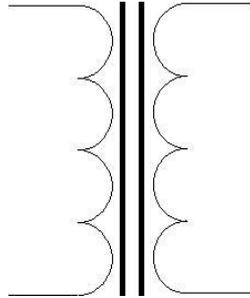
Dari gambar gelombang arus pada beban dapat diketahui bahwa pada inverter terdapat tiga level tegangan yaitu $+V_{DC}$, $-V_{DC}$, nol.

2.4 Rangkaian Kontrol

Inverter merupakan suatu rangkaian yang terdiri dari beberapa saklar yang bekerja secara teratur dan terus menerus untuk menghasilkan tegangan bolak-balik. Agar proses pensaklaran sesuai dengan yang diharapkan, maka diperlukan suatu rangkain pemicuan. Frekuensi pensaklaran ditentukan oleh frekuensi pulsa yang dihasilkan oleh rangkaian pemicuan.

2.4.1 TRAFODRIVER

Trafo *driver* merupakan sebuah trafo yang difungsikan untuk mendrive MOSFET (sebagai saklar) yang digunakan pada rangkaian inverter.



Gambar 8. Skema Sederhana Trafo Driver

Sumber: (Albert Z N, 2007)

2.4.2 Trafo Step Down

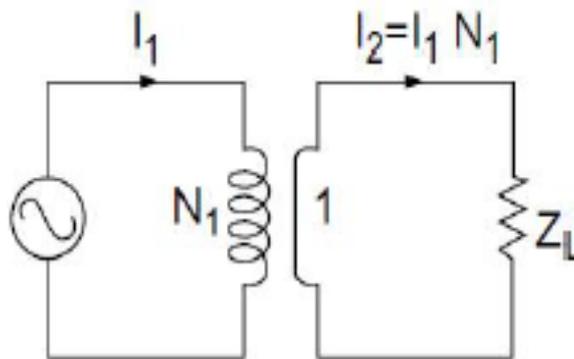
Trafo *step down* digunakan untuk menurunkan tegangan keluaran inverter. Karena trafo ini bekerja pada frekuensi tinggi (minimal 30KHz), maka digunakan inti ferit, dimana dengan inti ferit trafo dapat bekerja karena inti sebagai pembantu penginduksian tidak jenuh jika dikenai frekuensi dengan orde kilo hertz sampai 60 MHz.

2.5 Prinsip Kerja Pemanas Induksi

Pemanasan Induksi (*Induction Heating*) pada prinsipnya dapat dijelaskan dengan prinsip kerja transformator. Transformator bekerja karena adanya fenomena induksi elektromagnetik yang mana ketika ada suatu rangkaian tertutup yang di dalamnya mengalir arus AC menghasilkan medan elektromagnetik yang berubah-ubah pula. Seperti yang terjadi transformator, medan elektromagnetik (pada kumparan primer) yang berubah-ubah tersebut mempengaruhi kumparan sekunder dan pada kumparan sekunder timbul ggl induksi dan mengalir arus AC jika kumparan sekunder merupakan rangkaian tertutup. (Rizky Noviansyah, 2011)

Besarnya arus pada kumparan sekunder (I_2) ditentukan dari besarnya arus pada kumparan primer (I_1) dan perbandingan lilitan antara kumparan primer dan sekunder (N_1/N_2). Seperti pada Gambar 1, ketika kumparan sekunder kita ganti dengan 1 kawat ($N_2 = 1$) dan dijadikan rangkaian tertutup, maka kita akan

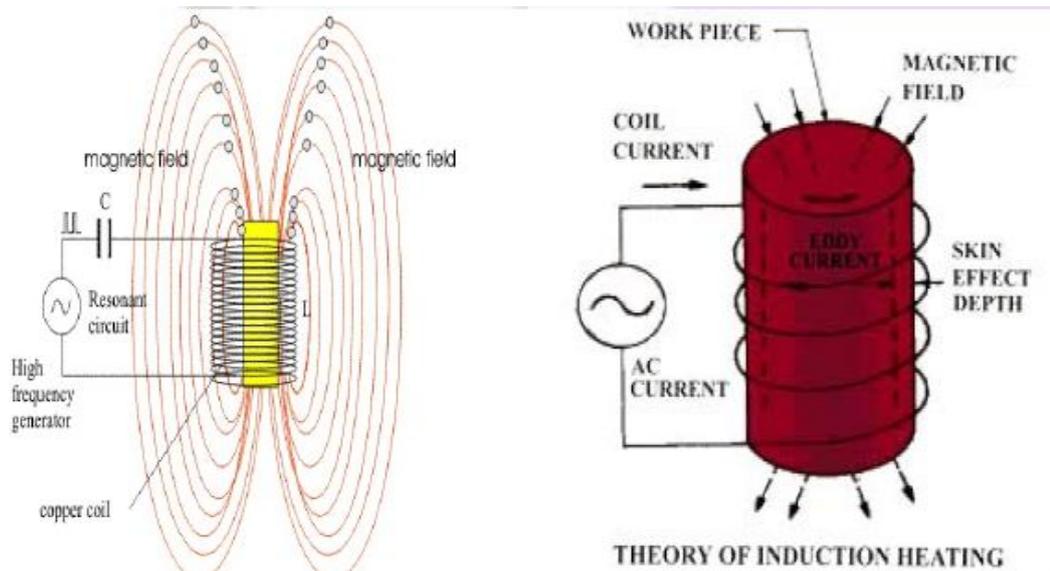
mendapatkan nilai perbandingan lilitan yang besar dari kumparan primer dan sekunder dan akan menimbulkan arus sekunder (I_2) yang besar. Hal ini juga akan diikuti oleh kenaikan panas yang cukup besar karena adanya kenaikan beban tersebut. (Rizky Noviansyah, 2011)



Gambar 9. Cara Kerja Transformator dengan Kumparan Sekunder Diganti 1 Kawat

Sumber : (Rizky Noviansyah, 2011)

Sebuah sumber listrik digunakan untuk menggerakkan sebuah arus bolak balik atau yang biasa disebut sebagai arus AC yang besar melalui sebuah kumparan induksi. Kumparan induksi ini dikenal sebagai kumparan kerja. Aliran arus yang melalui kumparan ini menghasilkan medan magnet yang sangat kuat dan cepat berubah dalam kumparan kerja. Benda kerja yang akan dipanaskan ditempatkan dalam medan magnet ini dengan arus AC yang sangat kuat. Ketika sebuah beban masuk dalam kumparan kerja yang di aliri oleh arus AC, maka nilai arus yang mengalir akan mengikuti besarnya sesuai dengan nilai beban yang masuk. Medan magnet yang tinggi akan dapat menyebabkan sebuah beban dalam kumparan kerja tersebut melepaskan panasnya, sehingga panas yang ditimbulkan oleh besban tersebut justru dapat melelehkan beban itu sendiri. Karena panas yang dialami oleh beban akan semakin tinggi, hingga mencapai nilai titik leburnya.



Gambar 10. Prinsip Kerja Pemanas Induksi

Sumber : (Rizky Noviansyah, 2011)

2.6 Arus Eddy

Arus eddy memiliki peranan yang paling dominan dalam proses pemanasan induksi. Panas yang dihasilkan pada material sangat bergantung kepada besarnya arus eddy yang diinduksikan oleh lilitan penginduksi. Ketika lilitan dialiri oleh arus bolak-balik, maka akan timbul medan magnet di sekitar kawat penghantar. Medan magnet tersebut besarnya berubah-ubah sesuai dengan arus yang mengalir pada lilitan tersebut. Jika terdapat bahan konduktif disekitar medan magnet yang berubah-ubah tersebut, maka pada bahan konduktif tersebut akan mengalir arus yang disebut arus eddy. (Rezon Arif, 2013)

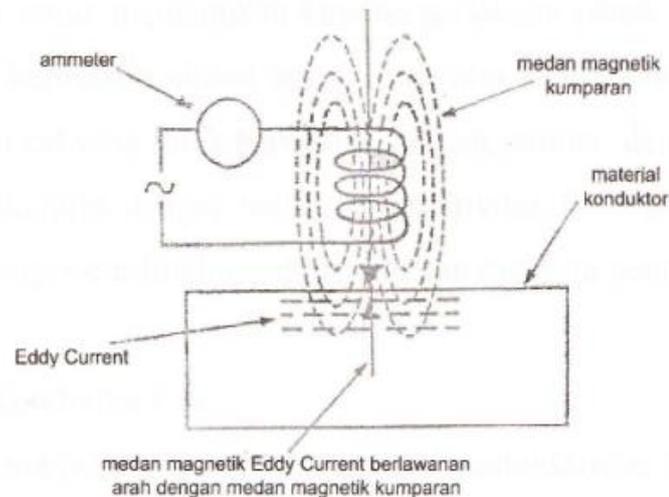
Eddy Current adalah induksi arus listrik bolak-balik didalam material konduktif oleh medan magnetik bolak-balik (yang dihasilkan oleh arus listrik bolak-balik tersebut). Arus induksi didalam material yang termodifikasiakan menimbulkan perubahan nilai arus induksi yang melalui material tersebut. Perubahan arus induksi dapat dianalisis dan dapat menunjukkan kemungkinan modifikasi dari material.

Prinsip *Eddy Current* didasarkan pada hukum Faraday yang menyatakan bahwa pada saat sebuah konduktor dipotong garis-garis gaya dari medan magnetic

atau dengan kata lain, gaya elektromotif (EMF) akan terinduksi kedalam konduktor. Besarnya EMF bergantung pada : (Rezon Arif, 2013)

1. ukuran, kekuatan, dan kerapatan medan magnet.
2. kecepatan pada saat garis-garis gaya magnet dipotong.
3. kualitas konduktor.

Karena *Eddy Current* adalah perjalanan arus listrik didalam konduktor, maka akan menghasilkan medan magnetik juga. Hukum Lenz menyatakan bahwa medan magnetic dari arus terinduksi memiliki arah yang berlawanan dengan penyebab arus terinduksi. Medan magnetik *Eddy Current* berlawanan arah terhadap hasil medan magnetik kumparan. Ditunjukkan oleh Gambar 13.



Gambar 11. Arah Medan Magnet *Eddy Current* Berlawanan dengan Arah Medan Magnet Kumparan.

Sumber : (Rizky Noviansyah, 2011)

2.7 Batubara

Batubara merupakan salah satu kekayaan alam terbesar yang dimiliki Indonesia. Batubara terdiri atas campuran senyawa-senyawa organik yang tersusun dari karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen dan sulfur. Senyawa-senyawa organik ini bercampur dengan air dan mineral-mineral di dalam tanah pada berbagai komposisi. Komponen-komponen ini melalui proses fisik dan kimiawi yang melibatkan panas dan pemadatan dalam kurun waktu yang lama. Perbedaan

jumlah panas dan tekanan yang terlibat selama pembentukan batubara menentukan peringkat batubara.

Batubara dapat diklasifikasi menjadi gambut, lignit, sub-bituminus, bituminous dan antrasit. Peringkat batubara meningkat dari lignit, batubara peringkat rendah, hingga antrasit, batubara dengan peringkat tertinggi. Semakin tinggi peringkat batubara semakin tinggi kandungan karbon dan kekerasannya sedangkan kandungan oksigen, hidrogen dan reaktivitasnya turun. (Ratih, 2007)

2.8 Pencairan Batubara

Salah satu kekurangan batubara bentuknya yang berupa padatan serta memiliki massa yang besar dengan densitas yang kecil serta kalori yang kecil pula berbeda dengan minyak bumi yang memiliki nilai kalori yang besar. Untuk menaikkan nilai kalori dari batubara tersebut maka batubara tersebut harus ditingkatkan nilai kalornya dan salah satunya yaitu dengan dicairkan sehingga dapat digunakan seperti minyak. Teknologi pencairan batubara saat ini terdiri atas tiga teknologi pencairan yaitu teknologi gasifikasi (*indirect liquefaction coal*), pirolisis, dan *hidroliquefaction (direct coal liquefaction)*. Pirolisis dan hidroliquefaksi membutuhkan pemurnian untuk dapat menghasilkan bahan bakar cair, sedangkan gasifikasi membutuhkan sintesis untuk menghasilkan bahan bakar cair.

Pirolisis merupakan salah satu metode dalam pencairan batubara. Pirolisis adalah proses dekomposisi kimia dengan menggunakan pemanasan tanpa adanya oksigen. Proses ini atau disebut juga proses karbonasi atau yaitu proses untuk memperoleh karbon atau arang, disebut juga *High Temperature Carbonization* pada suhu 400°C - 450°C . Dalam proses pirolisis dihasilkan gas-gas, seperti CO , CO_2 , CH_4 , H_2 , dan hidrokarbon ringan. Jenis gas yang dihasilkan bermacam-macam tergantung dari bahan baku. Salah satu contoh pada pirolisis dengan bahan baku batubara menghasilkan gas seperti CO , CO_2 , NO_x , dan SO_x . Yang dalam jumlah besar, gas-gas tersebut dapat mencemari lingkungan dan membahayakan kesehatan manusia baik secara langsung maupun tidak langsung. Paris et al. (2005) mengatakan bahwa pirolisis merupakan proses

pengarangan dengan cara pembakaran tidak sempurna bahan-bahan yang mengandung karbon pada suhu tinggi. Kebanyakan proses pirolisis menggunakan reaktor tertutup yang terbuat dari baja, sehingga bahan tidak terjadi kontak langsung dengan oksigen. Umumnya proses pirolisis berlangsung pada suhu di atas 300°C dalam waktu 4-7 jam. Namun keadaan ini sangat bergantung pada bahan baku dan cara pembuatannya. (Oemirbas, 2005)

Pencairan batubara dengan proses pirolisis baik untuk batubara dengan nilai kalori rendah sampai sedang karena pada batubara kelas ini akan kita dapatkan gas metana yang lebih banyak dibandingkan kelas tinggi selain itu arang yang dihasilkan dapat dibentuk menjadi kokas untuk pembriketan yang berguna untuk kebutuhan rumah tangga serta industri kecil sampai menengah. Pada proses pirolisis akan didapatkan residu padat berupa tar yang berkadar karbon tinggi serta minyak dan gas berkadar hidrogen tinggi yang akan digunakan untuk mengkonversi menjadi bahan bakar cair. (Hidayat, 1995)