

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kajian Penelitian Terdahulu**

Setelah penulis membaca berbagai literatur, terdapat beberapa penelitian mengenai pemanas induksi. Literatur tersebut dijadikan acuan untuk mendukung penelitian yang dilakukan. Beberapa penelitian-penelitian yang dijadikan sebagai acuan antara lain:

Meneliti tentang Perancangan Full Bridge Inverter Resonansi Paralel Sebagai Catu Daya Pemanas Induksi Pada Pipa Pemanas Air. Tujuan penelitian ini adalah membuat inverter *full bridge* resonan paralel frekuensi tinggi yang digunakan sebagai catu daya pemanas induksi pada pipa pemanas air. Dari hasil pengujian didapat bahwa sistem yang dirancang dapat bekerja pada tegangan 130 Volt AC 50 Hz. Daya maksimal terdapat pada frekuensi resonansi 32kHz yaitu 590W. Sistem bekerja paling optimal pada frekuensi resonansi 32 kHz variasi *duty cycle* 30% yaitu dapat membuat pipa *stainless steel* mencapai suhu 100 °C dan suhu air konstan 64,2 °C dalam jangka waktu 172 detik [2].

Meneliti Tentang Rancang Bangun Alat Pemanas Induksi Proses Perlakuan Panas. Metode pada penelitian ini menggunakan eksperimental. Hasil evaluasi rancangan konsep antara lain penggunaan ulir trapesium pada sistem lifter, 0,2 kilowatt daya motor, 12 mm diameter poros, dan *ball bearing* 6201 dengan umur pemakaian 0,31 tahun yang ditentukan dari perhitungan elemen mesin pada sistem pemanas induksi. Total waktu dan biaya pembuatan berkisar

3.182,06 menit dan Rp. 5.360.700,-. Hasil pengujian menunjukkan angka kekerasan *raw material mild steel* yang diberi perlakuan panas hardening temperatur 850 0C ditahan 45 menit meningkat dari 65,2 HRB menjadi 84,3 HRB. Namun setelah ditempering temperatur 400 0C mengalami penurunan menjadi 69 HRB [3].

Meneliti tentang Sistem Pemanas Logam dengan *Induction Heater* Berbasis Atmega32. Proses pengujian tungku pemanas logam dilakukan dengan memanaskan 3 buah logam dengan ketebalan yang berbeda-beda, sehingga dapat kita ketahui kalor dan daya rata-rata yang dapat dihasilkan oleh tungku pemanas logam. Berberdasarkan beberapa kali pengujian dapat diketahui bahwa daya rata-rata yang dibutuhkan oleh tungku pemanas logam adalah 14.8 0C / 1 Watt, dan kalor rata-rata yang dihasilkan 1.301,6 / 1 Watt [4].

Meneliti tentang Perancangan Inverter *Half Bridge* Sebagai Catu Daya Tegangan Tinggi Ac Frekuensi Tinggi Dengan Beban Kumparan Tesla Dan Dielectric Barrier Discharge Chamber, Inverter *half bridge* yang dirancang menggunakan MOSFET sebagai saklar elektronik dan IC TL494 sebagai osilator frekuensi pengontrol pemicuan MOSFET. Rancangan inverter yang dilakukan meliputi perancangan trafo pulsa sebagai isolator listrik antara rangkaian kontrol dan daya. Pengujian dilakukan dengan beban rangkaian resonansi kumparan Tesla yang dihubungkan pada beban ozon chamber yang membutuhkan frekuensi tinggi dan tegangan keluaran 2-3kv peak to peak. Pengujian ini untuk mengetahui pengaruh frekuensi terhadap tegangan disisi beban. Kumparan Tesla memiliki perbandingan 11 : 20 lilitan. Pengujian dilakukan pada rentang frekuensi 60 kHz

dan 70 kHz. Frekuensi 65 kHz merupakan frekuensi resonan yang menghasilkan tegangan yang tertinggi yaitu sebesar 2,6Kv [5].

Meneliti Tentang Rancang Bangun Pemanas Induksi dengan Metode Multiturn Helical Coil. Dalam penelitian ini penulis membuat sebuah pemanas induksi dengan menggunakan metode multiturn helical coil. Metode multiturn helical coil merupakan sebuah metode yang membuat kumparan kerja dibuat secara melingkar ke arah vertikal. Metode ini banyak digunakan untuk memanaskan sebuah logam. Dalam pengujian ini volume dari material yang diuji sama yaitu sekitar 35,4 cm<sup>3</sup>. Setelah dilakukannya pengujian, didapat hasil konsumsi daya untuk memanaskan sebuah benda hingga suhu 100 °C adalah 120 watt dengan daya dari catu daya 10 A, 12 VDC. Konsumsi daya tersebut lebih rendah jika dibandingkan dengan produk sejenis yaitu kompor induksi yang ada di pasaran dengan suhu untuk memasak sekitar 100 °C memiliki konsumsi daya 300 watt hingga 1000 watt. [6]

Dalam penelitian ini penulis menggunakan beberapa referensi dari penelitian alat sebelumnya yang serupa. Dalam pembuatan alat ini penulis menggunakan metode half bridge karena lebih praktis dalam perancangannya dibandingkan dengan metode full bridge yang menggunakan 4 switch.

## **2.2 Pemanas Induksi**

Pemanas induksi adalah timbulnya panas pada logam yang terkena induksi medan magnet, hal ini disebabkan karena pada logam timbul arus Eddy atau arus pusar yang arahnya melingkar melingkupi medan magnet terjadinya arus pusar

akibat dari induksi magnet yang menimbulkan fluks magnetik yang menembus logam, sehingga menyebabkan panas pada logam [7]. Induksi magnet adalah kuat medan magnet akibat adanya arus listrik yang mengalir dalam konduktor. Persamaan dari hasil induksi medan magnet pada suatu kumparan disajikan pada persamaan

$$e = N \frac{d\phi}{dt}$$

di mana  $e$ ,  $N$ ,  $\phi$  adalah GGL (Gaya Gerak Listrik), jumlah belitan dan fluksi magnet [8].

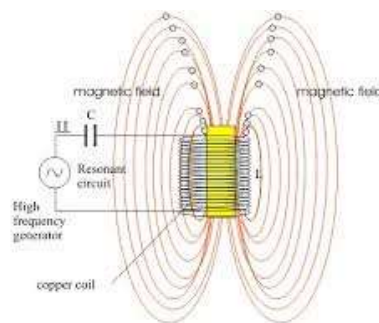
Pemanasan Induksi juga disebut sebagai proses pemanasan nonkontak yang menggunakan listrik frekuensi tinggi untuk menghasilkan panas yang konduktif secara elektrik. Karena non-kontak, proses pemanasan tidak mencemari bahan yang sedang dipanaskan. Hal ini juga sangat efisien karena panas yang sebenarnya dihasilkan di dalam benda kerja. Ini dapat dibandingkan dengan metode pemanasan lain dimana panas yang dihasilkan dalam elemen api atau pemanas, yang kemudian diterapkan pada benda kerja. Persamaan daya pemanas induksi disajikan pada persamaan dibawah

$$P = \frac{\pi^2 B_p^2 d^2 f^2}{6k\rho D}$$

### 2.2.1 Prinsip Kerja Pemanas Induksi

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 [9]. 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 beban tersebut justru dapat melelehkan beban itu sendiri. Karena panas yang dialami oleh beban akan semakin tinggi, hingga mencapai nilai titik leburnya [10]. Prinsip kerja pemanas induksi disajikan dalam Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Prinsip kerja Pemanas Induksi [4].

### 2.3 Arus Eddy (*Eddy Current*)

Arus Eddy merupakan arus yang arahnya melingkar melingkupi medan magnet dan menimbulkan fluks menembus pada logam, sehingga logam menjadi panas. Panas yang terjadi pada pemanas induksi terjadi karena adanya arus listrik bolak-balik melalui coil yang terbuat dari tembaga. Arus ini akan menimbulkan medan elektromagnetik yang besarnya tidak sama [8]. Medan magnet akan membangkitkan arus listrik pada material logam di dalamnya. Arus listrik yang

timbul (arus Eddy) menimbulkan panas yang selanjutnya dapat dimanfaatkan untuk memanaskan dan mencairkan logam [11]. Kecepatan pemanasan harus disesuaikan dengan komponen yang sesuai spesifikasi.

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.

Faktor yang mempengaruhi waktu pemanasan adalah beban benda yang dipanaskan, semakin besar benda yang dipanaskan maka akan semakin besar daya yang digunakan dan semakin lama waktu pemanasan. Suhu pemanas induksi akan berhenti meningkat karena resistansi terhadap osilasi magnetik yang menyebabkan molekul saling bergesekan. Konduktivitas bahan permukaan logam memiliki efek langsung pada aliran arus Eddy, semakin tinggi konduktivitas material, semakin besar aliran arus Eddy di permukaan dan ketika benda meningkat suhunya akan mengalami perubahan fisik pada suhu transformasinya yang mengakibatkan material tersebut menjadi non magnetik. Kenaikan Panas ideal adalah perubahan temperatur pada dapur induksi yang berubah secara optimal. Dapur induksi dapat menghasilkan panas dengan cepat tanpa merusak komponen di dalamnya dan tidak membutuhkan daya terlalu banyak,

pengoptimalan dapur induksi dapat diatur dengan merancang dapur induksi yang efisien dan tahan lama.

Ketika arus bolak-balik mengalir dalam suatu konduktor, distribusi arus induksi pada konduktor menjadi tidak seragam. Tetapi distribusi arus tersebut memiliki kecenderungan mengalir terutama pada permukaan konduktor dengan kedalaman berdasarkan frekuensi dari arus induksi [12]. Semakin tinggi frekuensi arus diberikan pada kumparan, yang lebih intensif adalah arus induksi mengalir di sekitar permukaan beban. Kepadatan arus induksi berkurang ketika mengalir lebih dekat ke pusat, Ini disebut "efek kulit" atau "skin depth." Hal ini dapat dibuktikan melalui persamaan:

$$\delta = \sqrt{\frac{2 \cdot \rho}{\omega \cdot \mu}}$$

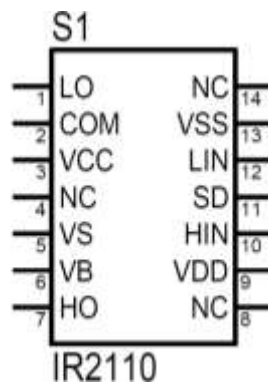
Dimana  $\delta$  menyatakan nilai efek kulit,  $\rho$  menyatakan resistivitas dari konduktor,  $\omega$  menyatakan frekuensi angular dari arus, dan  $\mu$  menyatakan permeabilitas magnetik dari konduktor. Efek kulit yang disebabkan oleh sirkulasi arus eddy meniadakan arus mengalir menuju ke pusat tengah konduktor [1].

## 2.4 Rangkaian Driver

Rangkaian driver merupakan salah satu komponen utama yang didalamnya terdapat *optocoupler*. Rangkaian driver berfungsi sebagai interfacing antara mikrokontroler yang beroperasi pada tegangan dan arus kecil dengan rangkaian daya yang beroperasi pada tegangan dan arus besar. Tegangan masukan dan tegangan keluaran dari *optocoupler* memiliki grounding yang berbeda.

Fungsi utama dari rangkaian driver pada sistem ini adalah menyalakan MOSFET sesuai dengan perintah mikrokontroler. Rangkaian driver ini menggunakan tipe IR2100. Sinyal masukan IR2110 berupa sinyal digital, yaitu hanya mempunyai dua kemungkinan yaitu logika 1 dan logika 0 [13].

Sinyal masukan dari IR2110 terdiri dari dua sinyal, yaitu *high input* dan *low input*, begitu juga dengan sinyal keluaran yaitu *high output* dan *low output*. Perbedaan antara sinyal masukan dan sinyal keluaran yaitu terletak pada tegangan kerja. Tegangan masukan dari IR2110 menyesuaikan dengan tegangan dari modul kontroler, sedangkan tegangan keluaran menyesuaikan dengan modul daya. IC IR2110 berfungsi untuk driver *half bridge* konverter yang umumnya terdiri dari dua buah saklar statis. *Pinout* ic driver *half bridge* disajikan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Rangkaian *Driver* [13].

## 2.5 Power Supply (Catu Daya)

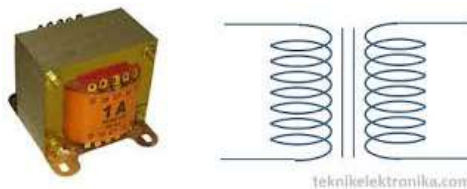
Power supply merupakan piranti elektronika yang digunakan untuk mensuplai daya sesuai dengan kebutuhan. Catu daya umumnya terbagi menjadi dua yaitu catu daya linier dan catu daya switching [14]. Catu daya linier memiliki efisiensi yang rendah dibandingkan dengan catu daya switching yang memiliki



efisiensi yang tinggi. Komponen utama catu daya listrik adalah transformator, dioda, resistor, regulator, dan MOSFET [15].

### 2.5.1 Transformator

Transformator atau trafo merupakan alat listrik statis yang dapat mengirimkan energi listrik dari suatu rangkaian ke rangkaian lain dengan prinsip induksi elektromagnetik. Trafo sering digunakan untuk mengubah tegangan seperti menurunkan tegangan (*step-down transformers*) dan menaikkan tegangan (*step-up transformers*) [12]. Transformator dapat bekerja jika dialiri tegangan AC atau arus bolak balik. Bentuk fisik dan symbol transformator disajikan dalam Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Bentuk fisik (kiri) dan symbol (kanan) transformator [5].

### 2.5.2 Prinsip Kerja Transformator

Sebuah Transformator yang sederhana pada dasarnya terdiri dari 2 lilitan atau kumparan kawat yang terisolasi yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. Pada kebanyakan Transformator, kumparan kawat terisolasi ini dililitkan pada sebuah besi yang dinamakan dengan Inti Besi (Core). Ketika kumparan primer dialiri arus AC (bolak-balik) maka akan menimbulkan medan magnet atau fluks magnetik disekitarnya. Kekuatan Medan magnet (densitas Fluks Magnet) tersebut dipengaruhi oleh besarnya arus listrik yang dialirinya. Semakin

besar arus listriknya semakin besar pula medan magnetnya. Fluktuasi medan magnet yang terjadi di sekitar kumparan pertama (primer) akan menginduksi GGL (Gaya Gerak Listrik) dalam kumparan kedua (sekunder) dan akan terjadi pelimpahan daya dari kumparan primer ke kumparan sekunder. Dengan demikian, terjadilah perubahan taraf tegangan listrik baik dari tegangan rendah menjadi tegangan yang lebih tinggi maupun dari tegangan tinggi menjadi tegangan yang rendah [16].

Sedangkan Inti besi pada Transformator atau Trafo pada umumnya adalah kumpulan lempengan-lempengan besi tipis yang terisolasi dan ditempel berlapis-lapis dengan kegunaanya untuk mempermudah jalannya Fluks Magnet yang ditimbulkan oleh arus listrik kumparan serta untuk mengurangi suhu panas yang ditimbulkan.

Beberapa bentuk lempengan besi yang membentuk Inti Transformator tersebut diantaranya seperti :

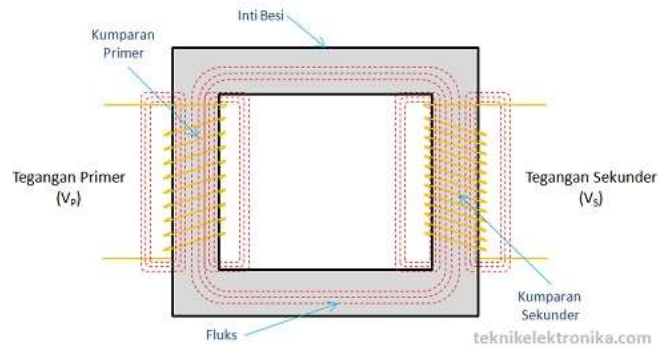
E – I Lamination

E – E Lamination

L – L Lamination

U – I Lamination

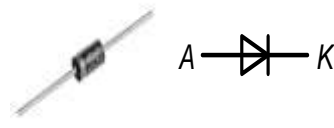
Dibawah ini adalah Fluks pada Transformator :



Gambar 2.4 Prinsip Kerja Transformator [16].

### 2.5.3 Dioda

Dioda merupakan salah satu komponen elektronika aktif yang berfungsi menyearahkan arus listrik dari arus bolak balik menjadi arus searah. Dioda terbuat dari bahan semikonduktor yang memiliki dua pin yaitu anoda (A) dan katoda (K). Dioda memiliki beberapa jenis yaitu *bridge rectifier*, dioda *fast recovery*, diode zener. Selain memiliki fungsi menyearahkan arus listrik, dioda juga dapat berfungsi sebagai *reverse blocking* maupun pengkali tegangan. Bentuk fisik dan symbol dioda disajikan dalam Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Bentuk fisik (kiri) dan simbol (kanan) dioda [17].

### 2.5.4 Fungsi Dioda

Berikut ini adalah fungsi dari dioda antara lain:

1. Untuk alat sensor panas, misalnya dalam amplifier.
2. Sebagai sekering(saklar) atau pengaman.

3. Untuk rangkaian clamper dapat memberikan tambahan partikel DC untuk sinyal AC.
4. Untuk menstabilkan tegangan pada voltage regulator
5. Untuk penyearah
6. Untuk indikator
7. Untuk alat menggandakan tegangan.
8. Untuk alat sensor cahaya, biasanya menggunakan dioda photo.

### 2.5.5 Prinsip Kerja Dioda

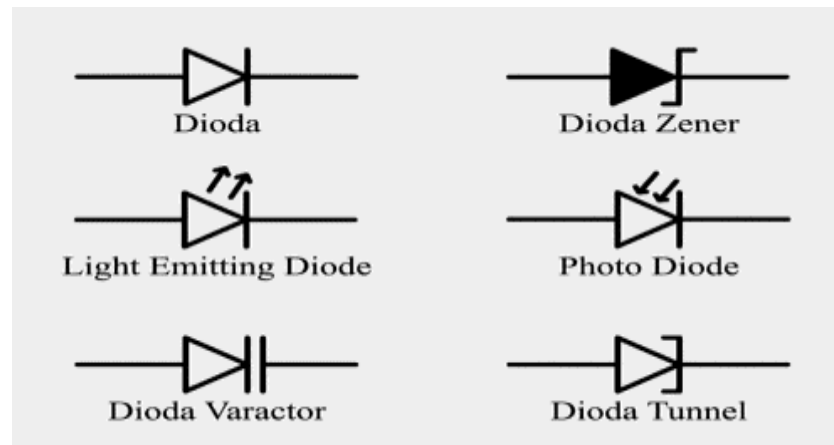
Dioda semikonduktor hanya bisa melewati satu arus yang searah, pada saat dioda memperoleh arus akan maju satu arah (forward Bias). Karena di dalam dioda ada junction yaitu pertemuan konduktor antara tipe p dan tipe n. kondisi ini dapat dikatakan bahwa konduksi penghantar masih tergolong kecil. Sedangkan bila dioda diberi satu arah/bias mundur (Reverse bias) maka dioda tidak bekerja dan pada kondisi ini dioda mempunyai tahanan dalam yang tinggi sehingga arus sulit mengalir.

Apabila dioda silicon dialiri arus AC, maka yang mengalir hanya satu arah saja sehingga arus *output* dioda berupa arus DC. Dari kondisi tersebut maka dioda hanya digunakan pada beberapa pemakaian saja antara lain sebagai Penyearah setengah gelombang (*Half Wave Rectifier*), penyearah gelombang penuh (*Full Wave Rectifier*) dll [17].

### 2.5.6 Jenis – jenis Dioda

Berikut ini adalah jenis diode diantaranya:

1. Dioda LED yang berfungsi sebagai lampu Indikator ataupun lampu penerangan
2. Dioda Penyearah (Dioda Biasa atau Dioda Bridge) yang berfungsi sebagai penyearah arus AC ke arus DC.
3. Dioda Schottky yang berfungsi sebagai Pengendali
4. Dioda Zener yang berfungsi sebagai pengaman rangkaian dan juga sebagai penstabil tegangan.
5. Dioda Photo yang berfungsi sebagai sensor cahaya

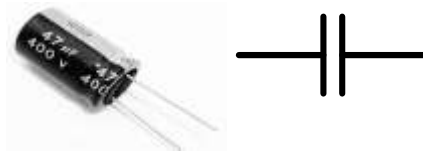


Gambar 2.6 Jenis-jenis Dioda [17].

### 2.5.7 Kapasitor

Kapasitor adalah komponen elektronika yang dapat menyimpan tegangan dalam waktu tertentu. Kapasitor terdiri dari dua pelat logam yang dipisahkan oleh sebuah isolator. Terdapat dua jenis kapasitor yaitu kapasitor polar dan kapasitor bipolar. Kapasitor polar merupakan kapasitor yang memiliki polaritas positif dan polaritas negatif yang umumnya bekerja pada tegangan DC [10][18]. Kapasitor

bipolar merupakan kapasitor yang tidak memiliki polaritas dan umumnya bekerja pada tegangan AC. Bentuk fisik dan simbol kapasitor disajikan dalam Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Bentuk fisik (kiri) dan simbol (kanan) kapasitor [10].

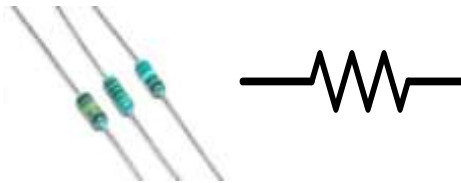
Kapasitor memiliki fungsi dan kegunaan yang berbeda untuk setiap rangkaianannya. Beberapa fungsi kapasitor antara lain adalah sebagai filtering, pembangkit frekuensi, penghematan daya listrik, mencegah terjadinya lonjakan listrik, penggeser fasa, dan penyimpanan energi listrik sementara.

Fungsi kapasitor sebagai filtering yaitu untuk menghambat *ripple* tegangan atau arus dalam suatu rangkaian. Fungsi kapasitor sebagai filtering ini umumnya terdapat pada televisi, radio, amplifier, dan power supply. Fungsi kapasitor untuk penghematan daya listrik atau *capacitor bank* yaitu kapasitor yang disusun secara seri maupun parallel dan berfungsi untuk memperbaiki faktor daya. *Capacitor bank* umumnya terdapat pada industri yang memiliki beban reaktif

### 2.5.8 Resistor

Resistor atau hambatan adalah salah satu komponen elektronika pasif yang berfungsi sebagai penghambat arus listrik. Dalam rangkaian elektronika, resistor atau hambatan dipasang secara seri untuk mengatur arus yang mengalir. Resistor memiliki beberapa rating daya mulai dari  $\frac{1}{4}$  watt,  $\frac{1}{2}$  watt dan seterusnya [19].

Resistor memiliki beberapa jenis yaitu resistor berbahan karbon, film karbon dan film logam. Bentuk fisik dan simbol resistor disajikan dalam Gambar 2.8



Gambar 2.8 Bentuk fisik (kiri) dan simbol (kanan) resistor [15].

Resistor memiliki fungsi dan kegunaan yang berbeda untuk setiap rangkaianannya. Beberapa fungsi dari resistor adalah sebagai pembagi arus (*current divider*), pembagi tegangan (*voltage divider*), penurun tegangan, dan penghambat aliran arus listrik. Resistor sebagai pembagi tegangan adalah resistor yang disusun secara seri pada rangkaian, maka tegangan akan terbagi sesuai dengan nilai dan jumlah dari resistor.

## 2.6 Transistor

Transistor adalah komponen semikonduktor yang memiliki berbagai macam fungsi seperti sebagai penguat, pengendali, penyearah, osilator, modulator dan lain sebagainya. Transistor merupakan salah satu komponen semikonduktor yang paling banyak ditemukan dalam rangkaian-rangkaian elektronika. Boleh dikatakan bahwa hampir semua perangkat elektronik menggunakan Transistor untuk berbagai kebutuhan dalam rangkaianannya. Perangkat-perangkat elektronik yang dimaksud tersebut seperti Televisi, Komputer, Ponsel, Audio Amplifier, Audio Player, Video Player, konsol Game, Power Supply dan lain-lainnya.

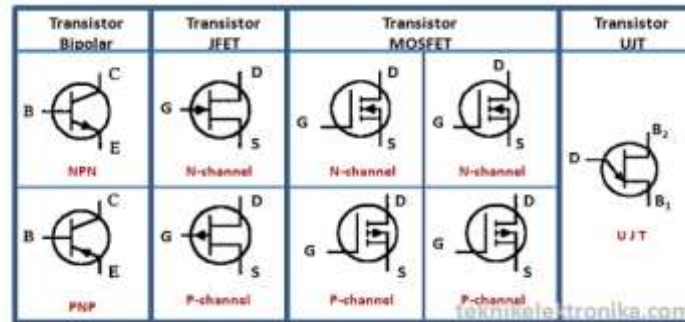
Transistor pertama kali ditemukan oleh tiga orang fisikawan yang berasal Amerika Serikat pada akhir tahun 1947 adalah Transistor jenis Bipolar. Mereka

adalah John Bardeen, Walter Brattain, dan William Shockley. Dengan penemuan tersebut, perangkat-perangkat elektronik yang pada saat itu berukuran besar dapat dirancang dalam kemasan yang lebih kecil dan portabel (dapat dibawa kemana-mana). Ketiga fisikawan tersebut mendapatkan Hadiah Nobel Fisika pada tahun 1956 atas penemuan Transistor ini. Namun sebelum ketiga fisikawan Amerika Serikat tersebut menemukan Transistor Bipolar, seorang fisikawan Jerman yang bernama Julius Edgar Lilienfeld sudah mempatenkan Transistor *jenis Field Effect* Transistor di Kanada pada tahun 1925 tetapi Julius Edgar Lilienfeld tidak pernah mempublikasikan hasil penelitiannya baik dalam bentuk tulisan maupun perangkat prototype-nya. Pada tahun 1932, seorang inventor Jerman yang bernama Oskar Heil juga mendaftarkan paten yang hampir sama di Eropa.

### **2.6.1 Jenis - Jenis Transistor**

Secara umum, Transistor dapat digolongkan menjadi dua keluarga besar yaitu Transistor Bipolar dan Transistor Efek Medan (*Field Effect Transistor*). Perbedaan yang paling utama diantara dua pengelompokan tersebut adalah terletak pada bias Input (atau *Output*) yang digunakannya. Transistor Bipolar memerlukan arus (*current*) untuk mengendalikan terminal lainnya sedangkan Field Effect Transistor (FET) hanya menggunakan tegangan saja (tidak memerlukan arus). Pada pengoperasiannya, Transistor Bipolar memerlukan muatan pembawa (*carrier*) hole dan electron sedangkan FET hanya memerlukan salah satunya [20].

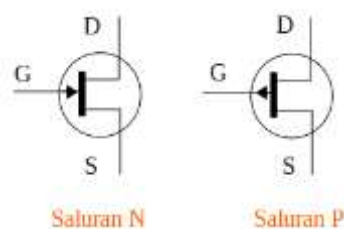




Gambar 2.9 Jenis – Jenis Transistor [20].

## 2.6.2 MOSFET

MOSFET (*Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor*) adalah sebuah perangkat semionduktor yang secara luas di gunakan sebagai switch dan sebagai penguat sinyal pada perangkat elektronik. MOSFET adalah inti dari sebuah IC (*integrated circuit*) yang di desain dan di fabrikasi dengan single chip karena ukurannya yang sangat kecil. MOSFET memiliki tiga terminal antara lain adalah *Source* (S), *Gate* (G) dan *Drain* (D). MOSFET digunakan sebagai saklar statis pada konverter karena memiliki frekuensi tinggi dan mampu dialiri dengan arus yang cukup besar [21]. Konfigurasi MOSFET N-Channel dan P-Channel disajikan dalam Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Konfigurasi MOSFET N-Channel (kiri) dan P-Channel (kanan) [21].

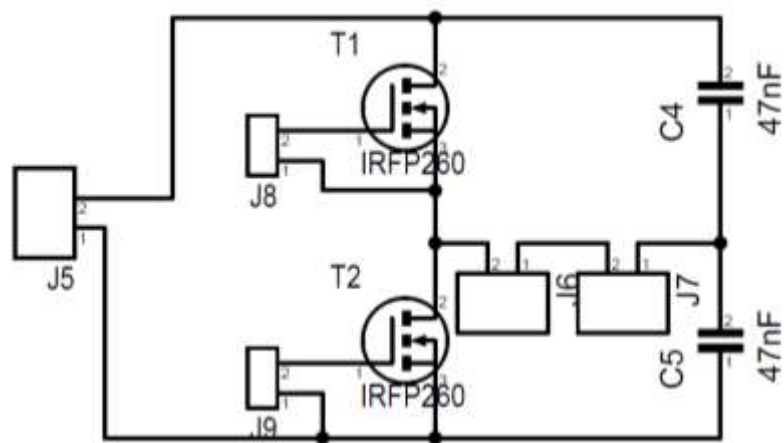
## 2.7 Pengertian Inverter

Inverter merupakan suatu rangkaian yang digunakan untuk mengubah sumber tegangan DC tetap menjadi sumber tegangan AC dengan frekuensi tertentu. Komponen semikonduktor daya yang digunakan dapat berupa SCR, transistor, dan MOSFET yang beroperasi sebagai sakelar dan pengubah. Inverter dapat diklasifikasikan dalam dua jenis, yaitu: inverter satu fasa dan inverter tiga fasa. Setiap jenis inverter tersebut dapat dikelompokkan dalam empat kategori ditinjau dari jenis rangkaian komutasi pada SCR, yaitu: (1) modulasi lebar pulsa, (2) inverter resonansi, (3) inverter komutasi bantu, dan (4) inverter komutasi komplemen. Inverter disebut sebagai inverter catu-tegangan (voltage-fed inverter-VFI) apabila tegangan masukan selalu dijaga konstan, disebut inverter catu-arus (current-fed inverter-CFI) apabila arus masuk selalu dipelihara konstan, dan disebut inverter variabel (variable dc linked inverter) apabila tegangan masukan dapat diatur. Selanjutnya, jika ditinjau dari proses konversi, inverter dapat dibedakan dalam tiga.

### 2.7.1 Inverter *Half Bridge*

Rangkaian inverter *half-bridge* merupakan rangkaian elektronika yang mengubah tegangan sumber DC menjadi tegangan keluaran AC. Rangkaian inverter *half-bridge* terdiri dari dua buah MOSFET yang nyala secara bergantian. Konverter ini merupakan salah satu PWM (*pulse width modulation*) konverter. PWM konverter merupakan konverter dengan kontrol PWM pada setiap saklar statisnya. Konverter ini memiliki keunggulan yaitu hanya memiliki 2 saklar,

rangkaian lebih sederhana, dan efisiensi mencapai 80% [22]. Rangkaian driver untuk kedua saklar statis dengan source MOSFET masing-masing terisolasi. Dalam pemanas induksi, rangkaian ini digunakan untuk mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC [23][24]. Rangkaian daya inverter *half-bridge* disajikan dalam Gambar 2.11.



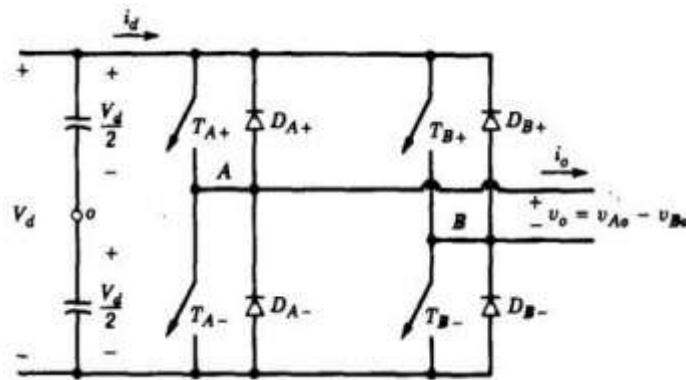
Gambar 2.11 Rangkaian daya inverter *half-bridge* [24]

Inverter *half-bridge* memiliki dua saklar statis yang menyala secara bergantian. Hal ini yang menyebabkan tegangan keluaran menjadi bolak-balik. Saklar statis satu digunakan untuk membuat gelombang positif dan saklar statis dua digunakan untuk membuat gelombang negatif. Dalam topologi ini, kedua saklar tidak diperbolehkan menyala secara bersamaan atau *simulant* karena akan membuat saklar menjadi panas dan efisiensi konverter dapat berkurang.

### 2.7.2 Inverter Full Bridge

Inverter full-bridge ditunjukkan pada gambar. Inverter ini terbagi dua inverter one-leg dari tipe yang telah didiskusikan pada bagian 8-2 dan diutamakan

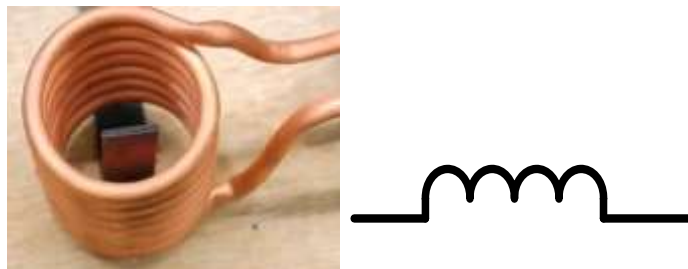
lebih dari pengaturan lain pada tingkat tenaga yang lebih tinggi. Dengan tegangan dc masukan yang sama, tegangan keluaran maksimum inverter *full-bridge* adalah dua kali dari inverter *half-bridge*. Ini menyiratkan bahwa untuk tenaga yang sama, arus keluaran dan perubahan arus adalah satu-setengah dari keduanya untuk inverter *half-bridge*.



Gambar 2.12 Rangkaian Inverter *Full Bridge* [3].

## 2.8 Coil

Coil atau belitan adalah salah satu komponen pasif yang terdiri dari kawat email berbentuk kumparan, helix atau spiral. Belitan dapat menyimpan energi dalam bentuk medan magnet dengan waktu yang relatif singkat. Semakin banyak jumlah lilitan kawat maka semakin kuat pula medan magnet yang dihasilkan. Bentuk fisik dan symbol coil [25]. disajikan dalam Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Bentuk fisik (kiri) dan simbol (kanan) coil [25].

Medan magnet timbul karena lilitan induktor tersebut akan menjadi kontrol panas yang diinginkan. Medan magnet yang dihasilkan akan berbanding lurus dengan jumlah putaran arus dalam lilitan. Semakin sedikit jumlah lilitan maka arus akan semakin tinggi pula.

Hubungan antara frekuensi *switching* dan kenaikan panas yaitu semakin tinggi frekuensi maka kenaikan panas akan semakin cepat. Hal ini disebabkan karena arus Eddy yang tinggi nilainya. Perhitungan besar daya coil yang dialiri arus listrik disajikan pada rumus dibawah [26].

$$E = i^2 \cdot R \cdot t = v \cdot i \cdot t$$

di mana: E = Energi (Watt)

i = Arus (Ampere)

R = Hambatan (Ohm)

t = Waktu (detik)

v = Tegangan (Volt)

Rumus panas yang digunakan untuk menaikkan suhu benda kerja dapat dilihat pada rumus dibawah ini

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

di mana : Q = Kalor (Joule)

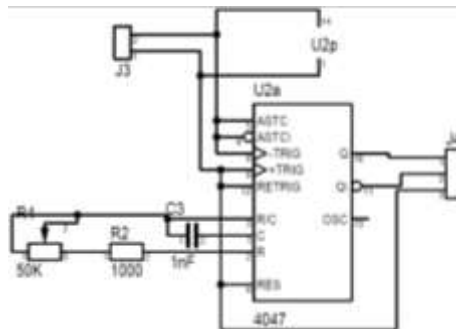
m = Massa (kg)

c = Kalor jenis (J/kg°C)

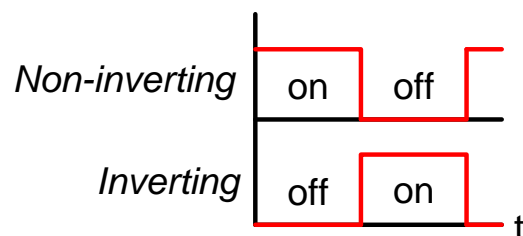
$\Delta T$  = Perubahan suhu

## 2.9 Rangkaian Kontrol

Rangkaian kontrol adalah rangkaian yang berfungsi untuk mengendalikan suatu piranti. Pada pemanas induksi, rangkaian kontrol digunakan untuk mengendalikan dua buah MOSFET. Rangkaian ini menggunakan IC (*Intergrated Circuit*) CD4047. IC ini memiliki 14 pin yang didalamnya berisi rangkaian AMV (*Astable Multivibrator*) dan MMV (*Monostable Multivibrator*) yang disajikan pada Gambar 2.14. Rangkaian kontrol digunakan pada inverter *half bridge* karena memiliki instalasi yang mudah dan tidak membutuhkan program dalam membangkitkan PWM. PWM (*Pulse Width Modulation*) keluaran dari CD4047 yaitu *inverting* dan *non-inverting*[27]. PWM keluaran dari IC CD4047 disajikan dalam Gambar 2.15.



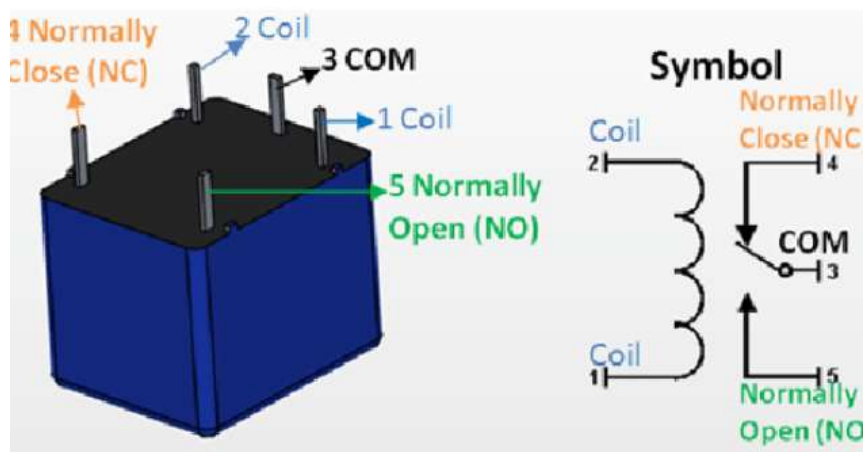
Gambar 2.14 Rangkaian kontrol menggunakan IC 4047 [22]



Gambar 2.15 PWM keluaran IC CD4047 [27].

## 2.10 Relay

Relay adalah Saklar (*Switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen Electromechanical (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (Coil) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/*Switch*). Relay menggunakan Prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan Relay yang menggunakan Elektromagnet 5V dan 50 mA mampu menggerakkan *Armature* Relay (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220V 2A [28].



Gambar 2.16 Bentuk fisik (kiri) atau simbol (kanan) Relay[28] .

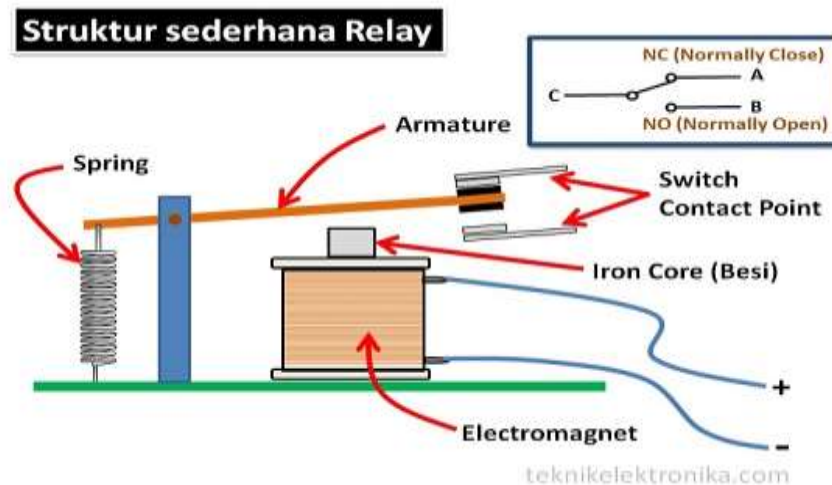
### 2.10.1 Prinsip Kerja Relay

Pada dasarnya, Relay terdiri dari 4 komponen dasar yaitu :

1. Electromagnet (Coil)
2. Armature

3. Switch Contact Point (Saklar)
4. Spring

Berikut ini merupakan gambar dari bagian-bagian Relay :



Gambar 2.17 Prinsip Kerja Relay [28].

Kontak Poin (Contact Point) Relay terdiri dari 2 jenis yaitu :

1. Normally Close (NC) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi CLOSE (tertutup)
2. Normally Open (NO) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi OPEN (terbuka)

Berdasarkan gambar diatas, sebuah Besi (Iron Core) yang dililit oleh sebuah kumparan Coil yang berfungsi untuk mengendalikan Besi tersebut. Apabila Kumparan Coil diberikan arus listrik, maka akan timbul gaya Elektromagnet yang kemudian menarik Armature untuk berpindah dari Posisi sebelumnya (NC) ke posisi baru (NO) sehingga menjadi Saklar yang dapat menghantarkan arus listrik di posisi barunya (NO). Posisi dimana Armature



tersebut berada sebelumnya (NC) akan menjadi OPEN atau tidak terhubung. Pada saat tidak dialiri arus listrik, Armature akan kembali lagi ke posisi Awal (NC). Coil yang digunakan oleh Relay untuk menarik Contact Poin ke Posisi Close pada umumnya hanya membutuhkan arus listrik yang relatif kecil.

## 2.11 Thermostat

*Thermostat* adalah suatu perangkat yang dapat memutuskan dan menyambungkan arus listrik pada saat mendeteksi perubahan suhu di lingkungan sekitarnya sesuai dengan pengaturan suhu yang ditentukan. Pada umumnya, Thermostat yang digunakan saat ini dapat kita bedakan menjadi dua jenis utama yaitu *Thermostat Mekanikal* dan *Thermostat Elektronik*. Thermostat Mekanikal pada dasarnya merupakan jenis Sensor suhu Kontak (*Contact Temperature Sensor*) yang menggunakan prinsip *Electro-Mechanical* sedangkan *Thermostat Elektronik* menggunakan komponen-komponen elektronika untuk mendeteksi perubahan suhunya.

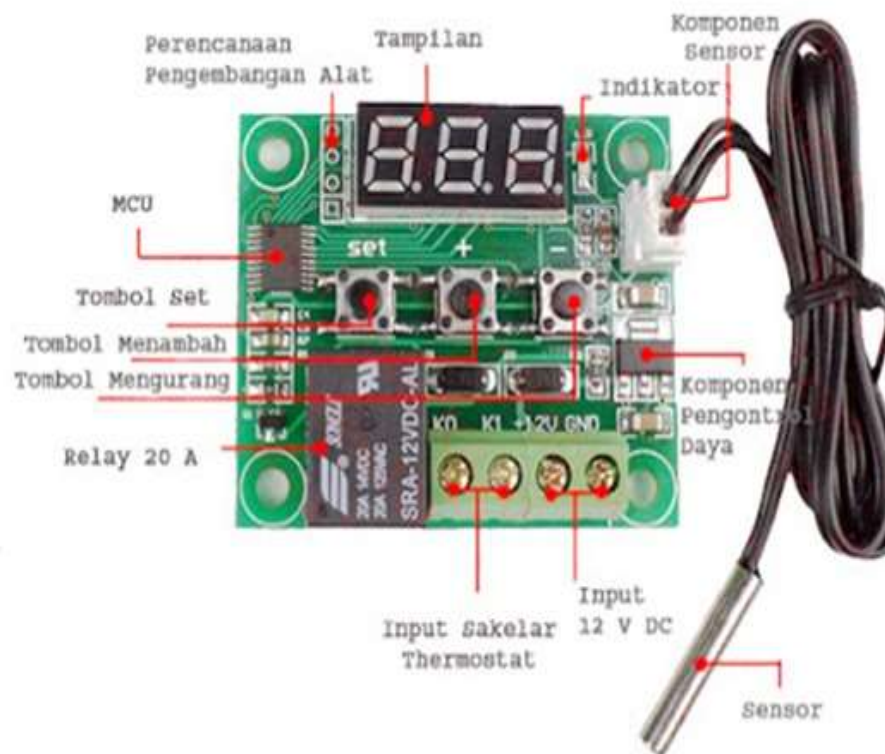
*Thermostat* yang bahasa Inggrisnya ditulis menjadi *Thermostat* ini berasal dari istilah bahasa Yunani kuno yaitu *Thermo* yang artinya adalah Panas dan *Statos* yang memiliki arti sebagai status quo atau tetap sama. Jika Kedua kata tersebut disatukan maka akan menjadi arti sebagai “menjaga panas tetap sama”. Jadi pada saat terlalu dingin, maka thermostat akan menyalakan pemanasnya sehingga suhu menjadi tetap hangat. Perangkat pendeteksi suhu ini banyak digunakan di perangkat-perangkat listrik seperti Oven, Kulkas, Air Conditioner (AC), pengendalian suhu mesin di mobil dan Seterika.

*Termostat* pertama yang ditemukan oleh seorang inovator Belanda yang bernama Cornelis Drebbel di Inggris pada abad ke-17 adalah *Termostat Merkuri* yang digunakan untuk mengatur suhu inkubator ayam. *Termostat Modern* pertama yang menggunakan Bi-Metallic ditemukan oleh seorang ahli kimia Skotlandia yang bernama Andrew Ure pada tahun 1830 untuk mengendalikan suhu di mesin produksi pabrik tekstil [29].

### **2.12 *Thermostat Elektronik***

*Termostat Elektronik* pada dasarnya berbentuk rangkaian elektronika yang terdiri dari berbagai komponen-komponen elektronika. Komponen utama untuk mendeteksi perubahan suhu adalah *Thermistor* yaitu resistor yang nilai hambatannya dapat dipengaruhi oleh suhu (*Temperature*) sekitarnya.

Pada saat *Thermistor* mendeteksi adanya suhu tinggi, resistansi atau hambatan *Thermistor* juga akan berubah sehingga rangkaian elektroniknya akan memutuskan hubungan listrik ke sistem pemanas ataupun pendingin yang terhubung tersebut. Pada saat *Thermistor* menjadi dingin kembali, resistansi pada *thermistor* tersebut juga akan berubah menjadi normal kembali sehingga rangkaian elektronika yang berfungsi sebagai pengendali tersebut akan kembali menyambung aliran arus listrik ke sistem pemanas dan pendingin sehingga menjadi ON kembali [29].



Gambar 2.18 Thermostat Digital [29]

Kelebihan dari *Termostat Digital* atau Elektronik ini adalah lebih hemat energi dan mencegah pemborosan pada penggunaan listrik. Termostat jenis ini dapat diprogram sehingga kita dapat melakukan pengaturan suhu sesuai dengan periode yang kita inginkan.