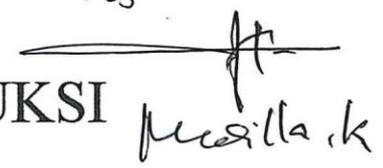


23/03-2017 acc



UJI KINERJA KOMPOR INDUKSI

Dimas Cahyo Kumolo¹, Warindi², Medilla Kusrianto³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14.5, Besi, Sleman, Yogyakarta 55584.

¹Dimascahyo8@yahoo.com ²Warindi@mail.ugm.ac.id ³Medilla.te@gmail.com

Seiring dengan perkembangan zaman pada saat sekarang ini manusia berlomba-lomba untuk menciptakan alat yang canggih dan praktis sehingga bisa mempermudah pekerjaan mereka. Salah satunya adalah kompor listrik dengan metode induksi atau yang lebih dikenal dengan kompor induksi. Mengingat kompor gas yang seringkali dapat menimbulkan kecelakaan saat digunakan. Mulai dari kebakaran hingga tabung gas yang meledak. Dibutuhkan kompor yang dapat meminimalisir kejadian-kejadian tersebut. Kompor listrik dapat dijadikan alternatifnya. Selain efek keamanan, kompor listrik juga menggunakan listrik sebagai sumber energinya, tidak seperti kompor gas yang menggunakan LPG (bahan bakar fosil). Pada kompor induksi energi listrik digunakan untuk menciptakan medan magnet yang menginduksi gelas stainless steel. Akibat induksi magnetik, molekul saling bertabrakan pada frekuensi 50 Hz. Friksi antar molekul ini menciptakan panas secara cepat. Kompor induksi juga bersifat hemat listrik, karena tingkat efisiensinya lebih tinggi dibandingkan dengan listrik konvensional yang mana separuh energinya menguap karena pemanasan yang dilakukan kesegala arah, namun pada kompor induksi ini panas yang dialirkan hanya pada objek yang terbuat dari stainless steel yang sangat mudah dipengaruhi medan magnet. Supaya dapat memaksimalkan energi panas pada kompor pemanas induksi, diperlukan suatu tempat memasak dari bahan logam stainless steel yang memiliki resistivitas listrik yang rendah serta permeabilitas yang tinggi. Kompor induksi memiliki waktu yang lebih cepat untuk memanaskan dibandingkan dengan kompor listrik 600 Watt. Selain itu, kompor induksi mempunyai nilai efisiensi energi yang lebih baik dari pada kompor listrik 600 Watt pada kompor induksi memanaskan air hingga suhu 50°C memiliki efisiensi energi paling besar yaitu sebesar 84,8,5 % sedangkan pada kompor listrik 600 Watt memiliki efisiensi energi paling besar dengan nilai 30,2 %.

Kata Kunci: kompor, induksi, medan magnet, efisiensi energi, stainless steel.

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan perubahan zaman yang semakin lama semakin berkembang baik itu teknologi, maupun pikiran manusia. Baik dalam bidang komunikasi, informasi, maupun di bidang listrik itu sendiri. Misalnya seperti peralatan memasak yang semakin banyak dikembangkan model serta fungsinya. Peralatan memasak juga telah banyak dikembangkan di pasaran. Hal ini yang bertujuan untuk membuat inovasi dalam memasak serta memudahkan pengguna kompor dalam menyajikan makanannya. Hal tersebut menginspirasi penulis untuk membandingkan antara kompor induksi yang di *supply* melalui energi listrik. Mengingat kompor gas yang seringkali dapat menimbulkan kecelakaan saat digunakan. Mulai dari kebakaran hingga tabung gas yang meledak. Dibutuhkan kompor yang dapat meminimalisir kejadian-kejadian tersebut. Kompor listrik dapat dijadikan alternatifnya. Selain efek keamanan, kompor listrik juga menggunakan listrik sebagai sumber energinya, tidak seperti kompor gas yang menggunakan LPG (bahan bakar fosil). Di antara beberapa teknologi yang ada, kompor listrik menggunakan induksi elektromagnetik dapat dijadikan salah satu solusi permasalahan krisis energi. Hal ini disebabkan karena induksi elektromagnetik merupakan teknologi yang murah, mudah diaplikasikan, dan aman digunakan.

Untuk memasak makanan, kompor induksi ini akan bekerja menggunakan prinsip kerja induksi elektromagnetik dengan menggunakan kumparan sebagai pembangkit medan magnet yang nantinya akan digunakan untuk memasak. Listrik dengan frekuensi 50 Hz dialirkan ke kumparan induksi

sehingga arus mengalir melalui kumparan tersebut. Arus bolak-balik ini membangkitkan garis-garis medan magnet. Medan magnet ini selalu berubah mengikuti perubahan arusnya. Medan magnet ini memotong/menembus tempat memasak yang terbuat dari logam sehingga akan timbul ggl induksi. Energi panas tersebut akan tertransfer dengan lebih baik jika alat masak yang terbuat dari bahan besi atau *stainless steel*. Energi panas inilah yang akhirnya membuat makanan yang dimasak diatas kompor induksi menjadi matang.

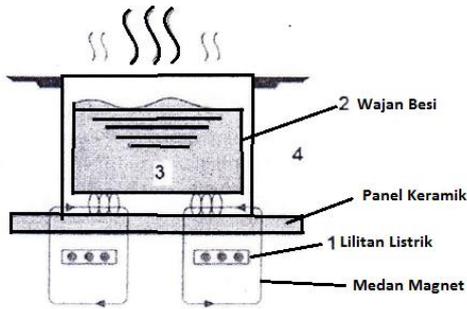
Hal inilah yang menginspirasi peneliti untuk mengkaji tentang analisis perbandingan antara kompor induksi dengan kompor listrik untuk mengetahui hemat tidaknya menggunakan kompor tersebut.

Oleh karena itulah penelitian ini yang nantinya akan disusun ke dalam bentuk tugas akhir atau skripsi diberi judul “UJI KINERJA KOMPOR INDUKSI”.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Kompor Induksi

Kompor Induksi merupakan kompor yang memanfaatkan efek induksi akibat dari arus listrik yang melewati kumparan pada bagian bawah kompor sehingga menghasilkan panas akibat dari alat masak yang diletakkan pada bagian atas kompor tersebut.



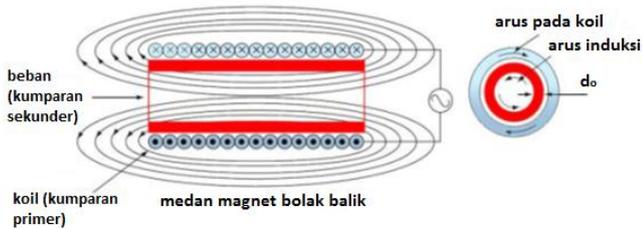
Gambar 1. Skema kerja kompor induksi.

Kompor Induksi memanfaatkan arus listrik yang di alirkan ke kumparan induksi yang terdapat pada kompor sehingga menimbulkan arus bolak-balik pada kumparan tersebut. Arus bolak-balik tersebut menghasilkan garis-garis medan magnet (garis kerja medan magnet), medan magnet ini kemudian memotong atau menabrak alat masak (logam) yang digunakan sehingga terjadi tegangan induksi (GGL). Keadaan seperti itu mengakibatkan arah arus listrik berputar-putar, arah arus yang berputar inilah disebut juga dengan arus Eddy (*Eddy Current*).

Perputaran arus yang diakibatkan oleh tegangan induksi pada logam akan menghasilkan panas, panas inilah yang dimanfaatkan untuk memasak. Panas yang dihasilkan oleh kompor tergantung dari seberapa besar arus listrik yang dialirkan dan daya yang digunakan pada kompor tersebut.

2.2 Dasar Pemanas Kompor Induksi

Pada Gambar 2 merupakan konsep dasar pemanas induksi yang terdiri dari gulungan pemanas induktif dan arus, yang menggambarkan induksi elektromagnetik dan efek kulit.



Gambar 2. Konsep dasar pemanas induksi.

Tujuan dari pemanas induksi adalah untuk memaksimalkan pembangkitan energi panas pada gulungan sekunder, lubang kecil pada gulungan pemanas induktif dibuat kecil dan gulungan sekunder dibuat dari bahan dengan hambatan listrik yang kecil dengan permeabilitas yang tinggi. Bahan selain logam mengurangi efisiensi energi karena bahan tersebut memiliki hambatan listrik besar dan permeabilitas yang rendah. Pemanas dengan induksi adalah kombinasi antara elektromagnetik, perpindahan panas, dan fenomena metalurgi.

2.3 Resistivitas dan Konduktivitas Listrik pada Material

Kemampuan material dengan mudah menghantarkan arus listrik ditentukan oleh konduktivitas listrik (σ). Kebalikan konduktivitas σ adalah resistivitas listrik (ρ). Satuan untuk ρ dan σ adalah Ω meter dan ohm/m.

Resistivitas listrik suatu logam tertentu bervariasi dengan suhu, komposisi kimia, struktur mikro logam, dan ukuran butir. Untuk sebagian besar logam, ρ akan naik dengan

kenaikan suhu. Resistivitas dari logam murni dapat direpresentasikan sebagai fungsi linier dari suhu (kecuali ada perubahan dalam kisi-kisi logam).

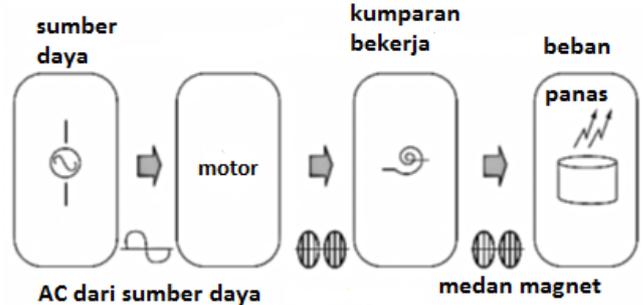
2.4 Permeabilitas Magnetik dan Permittivitas Relatif

Pada permeabilitas magnetik relatif (μ_r) menunjukkan kemampuan suatu bahan (misalnya, logam) untuk melakukan fluks magnet yang lebih baik serta permittivitas relatif (ϵ) menunjukkan kemampuan bahan untuk menghantarkan medan listrik yang lebih baik. Sifat fisik ini adalah penting ketika merancang sistem pemanas.

Permeabilitas magnetik relatif memiliki efek pada semua fenomena induksi dasar. Permittivitas relatif tidak begitu banyak digunakan pada pemanasan induksi, tapi memainkan peran utama dalam aplikasi pemanasan dielektrik.

Nilai konstan $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ H/m [atau Wb / (A.m)] disebut permeabilitas ruang bebas, dan konstanta $\epsilon_0 = 8,854 \times 10^{-12}$ F/m disebut permittivitas ruang bebas. Hasil permeabilitas magnetik relatif dan permeabilitas ruang bebas disebut permeabilitas μ dan sesuai dengan rasio kepadatan fluks magnetik (B) untuk intensitas medan magnet (H).

2.5 Teori Kompor Pemanas Induksi

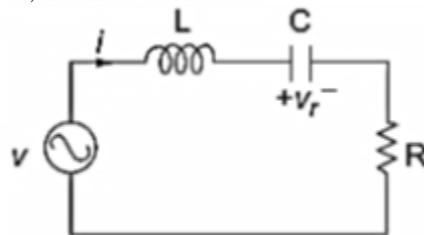


Gambar 3. Blok diagram kompor pemanas induksi.

Pada Gambar 3 diatas merupakan blok diagram dari kompor pemanas induksi yang mana sumber AC tersebut untuk menggerakkan motor yang berada pada kompor induksi kemudian kumparan tersebut bekerja untuk membuat putaran pada motor sehingga medan magnet yang berada pada motor berputar secara cepat mengakibatkan GGL. Jika suatu benda konduktor diletakkan diatas medan magnet tersebut, maka akan muncul induksi tegangan dan terbentuk arus pusar (*Eddy current*). Disini akan dibangkitkan energi panas pada benda konduktor tersebut yang dipergunakan sebagai tempat memasak.

2.6 Konverter Resonansi

Pada sistem daya kompor pemanas induksi, digunakan rangkaian konverter resonansi untuk membuat konversi energinya efisien dan meminimalkan rugi-rugi rangkaian pensaklarannya. Rangkaian pada konverter resonansi terdiri dari kapasitor, induktor dan resistor.



Gambar 4. Rangkaian resonansi seri.

Ketika sumber daya dihubungkan ke rangkaian, energi listrik masuk pada induktor dan ditransfer ke kapasitor persamaan (2.3). Persamaan (2.4), merupakan perhitungan tegangan yang masuk ke kapasitor yang akan dikembalikan lagi ke induktor. Resonansi akan terjadi pada saat induktor dan kapasitor saling bertukar energi. Total energi selama resonansi tidak berubah, dan memiliki nilai yang sama yaitu sebesar puncak induktor atau kapasitor.

$$i = \sqrt{2I} \sin \omega t \text{ (A)} \quad (2.1)$$

$$V_c = \frac{1}{C} \int i dt = -\frac{\sqrt{2I}}{\omega C} \cos \omega t \text{ (V)} \quad (2.2)$$

$$EL = \frac{1}{z} Li^2 = LI^2 \sin^2 \omega t \text{ (J)} \quad (2.3)$$

$$EC = \frac{1}{z} C V^2 C = \frac{I^2}{\omega^2 C} \cos^2 \omega t = LI^2 \cos^2 \omega t \text{ (J)} \quad (2.4)$$

$$EL + EC = LI^2 (\sin^2 \omega t + \cos^2 \omega t) = LI^2 \frac{I^2}{\omega^2 C} \text{ (J)} \quad (2.5)$$

Reaktansi induktif dan reaktansi kapasitif dapat dihitung dengan persamaan (2.6) dan persamaan (2.7). Untuk besar impedansi pada rangkaian resonansi seri dapat dihitung dengan persamaan (2.8).

$$XL = j\omega L = j2\pi fL \text{ (\Omega)} \quad (2.6)$$

$$XC = \frac{1}{j\omega C} = \frac{1}{j2\pi fC} \text{ (\Omega)} \quad (2.7)$$

$$|Z| = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2} \text{ (\Omega)} \quad (2.8)$$

Pada frekuensi resonansi, harga reaktansi induktif pada persamaan (2.6) dan harga reaktansi kapasitif pada persamaan (2.7) memiliki harga yang sama. Yaitu sebesar tegangan dari sumber daya dan arus pada rangkaian yang berada pada level yang sama. Frekuensi resonansi dapat dihitung dengan persamaan (2.9). Arus pada rangkaian akan mencapai puncak ketika frekuensi sumber sama dengan frekuensi resonansi dan akan turun jika frekuensi sumber lebih besar atau lebih kecil dari frekuensi resonansinya.

$$2\pi fL = \frac{1}{2\pi fC} \rightarrow F_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \text{ Hz} \quad (2.9)$$

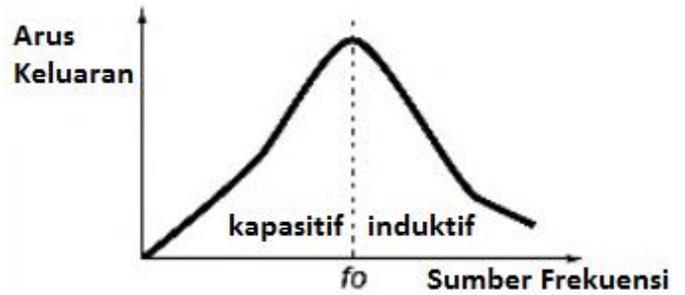
Nilai reaktansi pada rangkaian disebut impedansi khusus, dan dapat dijelaskan dengan persamaan dibawah ini :

$$Z_0 = XL = XC = \omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C} = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (2.10)$$

Dan perbandingan rangkaian *halfbridge* resonansi seri, dapat dilihat pada persamaan dibawah :

$$Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 C R} = \frac{Z_0}{R} \quad (2.11)$$

Di kurva frekuensi diperlihatkan hubungan antara arus (output energi) dan frekuensi sumber ketika tegangan sumber rangkaian resonansi dibuat sama. Arus dan output energi mencapai nilai maksimumnya pada frekuensi resonansi. Di daerah dimana frekuensi pensaklaran lebih rendah dari frekuensi resonansi, reaktansi induktif terhubung langsung dengan frekuensi pensaklaran. Menurut persamaan (2.2), reaktansi kapasitif merupakan kebalikannya. Hal tersebut dapat digambarkan seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Kurva frekuensi.

2.7 Kelebihan Kompor Induksi

Beberapa keuntungan dengan menggunakan kompor induksi sebagai berikut :

- Bertenaga (Powerful) dan Efisien.
- Tidak mengeluarkan api
- Mudah dalam mengatur temperatur.
- Tingkat keamanan yang tinggi.
- Ekonomis.
- Kompor tetap dingin.
- Praktis dan mudah dibawa.
- Hemat waktu.

2.8 Kerugian Kompor Induksi

Beberapa kekurangan dari kompor induksi sebagai berikut :

- Panas yang dihasilkan oleh kompor induksi hanya berada pada bagian alas dari alat yang digunakan untuk memasak saja, sehingga ada sebagian jenis masakan yang tidak cocok memasak menggunakan kompor induksi.
- Kompor induksi hanya memanfaatkan alat masak yang terbuat dari logam, karena semakin besar hambatan yang dihasilkan oleh alat yang digunakan untuk memasak semakin besar pula panas yang dihasilkan. Jadi, semua alat masak yang terbuat dari Aluminium (Al) tidak dapat digunakan menggunakan kompor induksi.
- Sesuai dengan kekurangan no. 1, maka secara otomatis alat masak yang terbuat dari logam tersebut haruslah memiliki luas penampang alas yang luas agar proses hambatan yang dihasilkan juga semakin besar, sehingga proses memasak menjadi lebih cepat.

2.9 Arus Eddy

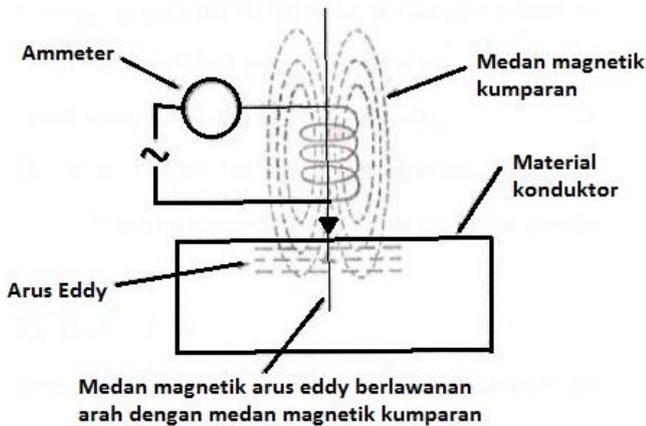
Arus Eddy memiliki peranan yang paling dominan dalam proses pemanasan induksi. Panas yang dihasilkan pada material sangat bergantung kepada besarnya arus Eddy yang diinduksikan oleh lilitan penginduksi. Ketika lilitan dialiri oleh arus bolak-balik, maka akan timbul medan magnet di sekitar kawat penghantar. 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.

- Prinsip Arus Eddy didasarkan pada hukum Faraday yang menyatakan bahwa pada saat sebuah konduktor dipotong garis-garis gaya dari medan magnetik atau dengan kata lain,

gaya elektromotif (EMF) akan terinduksi kedalam konduktor. Besarnya EMF bergantung pada :

1. Ukuran, kekuatan, dan kerapatan medan magnet.
2. Kecepatan pada saat garis-garis gaya magnet dipotong.
3. Kualitas konduktor.

Karena Arus Eddy adalah perjalanan arus listrik didalam konduktor, maka akan menghasilkan medan magnetik juga. Hukum Lenz menyatakan bahwa medan magnetik dari arus terinduksi memiliki arah yang berlawanan dengan penyebab arus terinduksi. Medan magnetik Arus Eddy berlawanan arah terhadap hasil medan magnetik kumparan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Arah medan magnet *Eddy Current* berlawanan dengan arah medan magnet kumparan.

2.10 Efisiensi Energi Kompor Pemanas Induksi

Efisiensi dari kompor induksi ditentukan dari ratio antara energi panas yang dihasilkan dengan energi input listrik yang digunakan. Untuk menghitung efisiensi energi, digunakan persamaan sebagai berikut [10] :

$$\eta (\%) = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100\% = \frac{M_{air} \cdot C_{air} \cdot \Delta T}{V \cdot I \cdot PF \cdot \Delta t} \times 100\% \quad (2.12)$$

Dimana,

- Q_{out} : Energi keluaran (Joule)
- Q_{in} : Energi masukan (Joule)
- M_{air} : Massa air (gram)
- C_{air} : Panas jenis air (J/g.°C)
- ΔT : Perubahan suhu (°C)
- V : Tegangan masukan (Volt)
- I : Arus masukan (Ampere)
- PF : *Power factor*
- Δt : Perubahan waktu (sekon)
- 1 kal : 4,186 Joule

Panas jenis c dari sesuatu zat merupakan jumlah panas yang diperlukan untuk menaikkan suhu 1 gram zat itu sebanyak 1°C. Untuk memanaskan G (gram) dari T_1 sampai T_2 (°C), jumlah kalor yang diperlukan adalah :

$$Q = G \cdot c (T_2 - T_1) \text{ kal} \quad (2.13)$$

Untuk air, panas jenisnya sebesar :

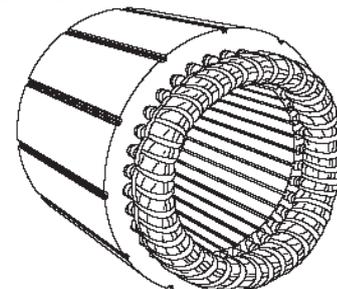
$$C = 0,9983 - 0,005184 \cdot \frac{T}{100} + 0,006912 \cdot \left(\frac{T}{100}\right)^2 \quad (2.14)$$

2.10 Motor Induksi

Motor listrik yaitu mesin berputar yang bertujuan untuk mengubah daya listrik menjadi daya mekanik. Konversi listrik menjadi daya mekanik terjadi pada bagian yang berputar pada motor listrik. Prinsip kerja motor listrik berdasarkan gejala bahwa suatu medan magnet putar akan menimbulkan gaya gerak listrik pada penghantar yang berarus.

Motor listrik terdiri dari bermacam-macam jenis dan motor induksi merupakan salah satu macamnya, motor induksi merupakan motor listrik yang dapat digolongkan menurut fasenya yaitu motor induksi satu fase dan motor induksi tiga fase. Sedangkan menurut jenis rotornya, motor induksi dapat dibedakan menjadi motor induksi sangkar tupai dan motor induksi rotor lilit. Sebuah motor induksi mempunyai dua bagian yang penting yaitu stator dan rotor, serta di antara keduanya terdapat celah udara (*air gap*). Untuk memperbaiki efisiensi maka celah udara dibuat sempit tetapi tidak terlalu sempit, karena dapat menimbulkan kesulitan mekanis. Stator adalah bagian dari motor induksi yang diam. Bagian utama dari stator terdiri atas inti, belitan, alur-alur, dan rumah stator.

Inti stator berupa cincin yang berisikan lempeng-lempeng besi lunak atau baja, lempengan besi ini diberi lapisan varnis atau oksid yang dikerjakan dengan proses pemanasan. Stator beserta lilitannya dapat dilihat pada Gambar 7. Adapun kegunaan dari lempeng-lempeng besi tersebut adalah untuk mengurangi rugi-rugi inti.

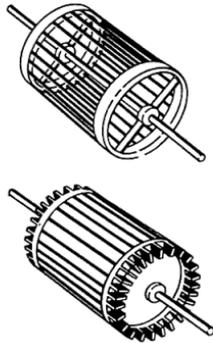


Gambar 7. Stator beserta lilitan.

Motor induksi tiga fase terdiri atas tiga pasang kumparan, yang masing-masing bergeser secara elektrik sebesar $\frac{2\pi}{3}$ radian. Untuk motor induksi tiga fase semua alur diisi dengan kawat dan hubungannya dilakukan di luar motor atau dalam terminal motor. Rotor adalah bagian motor induksi yang berputar. Bagian-bagian utama rotor yaitu inti dan lilitan. Inti rotor dibuat dari lempeng-lempeng plat baja, tetapi karena frekuensi dari arus rotor lebih rendah maka laminasi yang lebih tebal dapat dipakai tanpa menimbulkan pemanasan yang berlebihan.

Berdasarkan konstruksi lilitan rotornya, motor induksi tiga fase dapat dibedakan menjadi dua yaitu motor induksi rotor sangkar

tupai (*squirrel cage*) dan motor induksi rotor lilit (*wound rotor*). Hampir 90% dari motor induksi tiga fase adalah tipe rotor sangkar tupai, Batang-batang penghantar dipasang sejajar, dengan demikian dua batang yang bersebelahan dianggap sebagai satu lilitan, bila diinduksikan gaya gerak listrik maka arus induksi akan mengalir pada penghantar tersebut. Batang-batang rotor dihubungkan singkat secara tetap dan tidak dimungkinkan menambah resistansi luar secara seri dengan rangkaian rotor, sehingga tidak dapat diberikan pengaturan resistansi rotor. Konstruksi rotor sangkar tupai dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Kontruksi rotor sangkar tupai.

Arus akan mengalir pada kumparan stator apabila motor induksi dihubungkan dengan tegangan sumber tiga fase. Arus tiga fase yang mengalir pada kumparan stator ini dan akan menimbulkan medan putar. Besar medan putar ini sebanding dengan frekuensi arus listrik dan berbanding terbalik dengan jumlah kutubnya.

$$N_s = \frac{120 \cdot f}{P} \quad (2.15)$$

Dengan, N_s : Kecepatan medan putar stator.
 f : Frekuensi arus listrik.
 P : Jumlah kutub.

Medan putar yang ditimbulkan akan melalui celah udara dan memotong penghantar-penghantar rotor, sehingga pada penghantar rotor akan diimbaskan tegangan listrik. Belitan rotor merupakan rangkaian tertutup sehingga arus akan mengalir dalam rangkaian tersebut. Karena arus yang lewat belitan rotor tersebut berada dalam medan magnet, maka akan ditimbulkan gaya pada rotor. Gaya yang timbul secara berpasangan akan menimbulkan torsi, kalau torsi mula yang dihasilkan oleh gaya (F) pada rotor lebih besar dari torsi yang diperlukan beban, maka rotor akan berputar mengikuti arah putar medan stator. Besarnya kecepatan putar rotor motor induksi lebih kecil daripada kecepatan medan putar stator. Perbedaan relatif antara medan putar stator dengan kecepatan putar rotor dinamakan slip. Besarnya slip dapat dicari dengan rumus (2.16) :

$$S = \frac{(N_s - N_r)}{N_s} \quad (2.16)$$

Dengan, S : Slip.

N_s : Kecepatan medan putar stator.

N_r : Kecepatan putar rotor.

Besarnya slip berkisar antara 0% sampai dengan 100%, bila besarnya slip adalah 100% berarti motor dalam

keadaan diam dan pada saat slipnya 0%, maka tegangan tidak akan terinduksi pada penghantar-penghantar rotor dan arus tidak akan mengalir pada penghantar rotor, dengan demikian tidak dihasilkan torsi. Besar kecilnya slip motor akan berpengaruh pada frekuensi rotor.

Daya masukan motor induksi adalah :

$$P_I = \sqrt{3} V_I I_I \cos \theta \quad (2.17)$$

Dengan, P_I : Daya masukan motor induksi.

V_I : Tegangan sumber.

I_I : Arus motor induksi.

θ : Pergeseran sudut fase.

Sewaktu berputar pada rotor motor induksi akan diinduksikan tegangan balik sebesar E_b yang sebanding dengan putaran rotor. Arus yang ditarik motor induksi adalah :

$$I_I = \frac{(V_I - E_b)}{Z} \quad (2.18)$$

Dengan, I_I : Arus yang ditarik motor induksi.

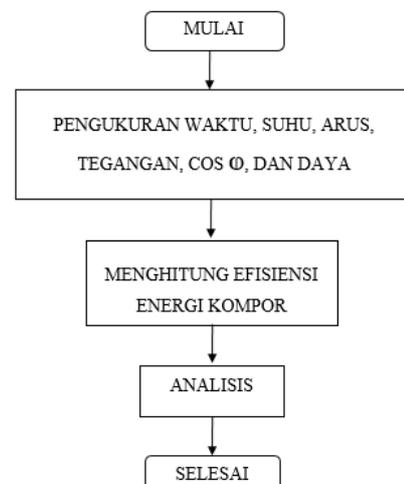
V_I : Tegangan sumber.

E_b : Tegangan balik.

Z : Impedansi motor induksi.

I. METODE PENGUJIAN

Adapun alur penelitian yang dilakukan untuk menyelesaikan proses pengujian kompor induksi seperti pada Gambar 9 berikut.



Gambar 9. Alur pengujian kompor induksi

3.1 Pengukuran waktu dan suhu

Pengukuran waktu dilakukan dengan menggunakan stop-watch dan sedangkan pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan termometer. Pada saat mengukur waktu dengan menggunakan stop-watch dimulai dari 0 hingga nilai suhu mencapai 50°C dan 80°C untuk menunjukkan detik kesekian dan sedangkan pada saat pengukuran suhu tersebut dilakukan sebanyak 10 kali dengan cara meletakkan termometer pada gelas *stainless steel* yang sudah diberi air sebanyak 350 cc agar mendapatkan nilai panas yang diperoleh dari masing-masing kompor tersebut. Untuk mendapatkan waktu yang diperoleh maka harus menunggu air hingga mencapai pada suhu 50 °C dan sampai suhu mencapai 80°C pada masing-masing kompor

tersebut. Pengujian tersebut dilakukan seperti pada Gambar 10 berikut.



Gambar 10. Pengujian menggunakan termometer.

3.2 Pengukuran Arus, Tegangan, $\cos \phi$, dan Daya.

Pengujian kompor induksi maupun kompor listrik 600 Watt dilakukan untuk mengetahui berapa besar nilai arus, tegangan, $\cos \phi$ dan daya dengan menggunakan alat yaitu energy meter, alat tersebut digunakan untuk memperoleh nilai atau berapa besar angka yang dihasilkan dari masing-masing kompor baik itu kompor induksi atau kompor listrik 600 Watt. Pada kontak kompor induksi maupun kompor listrik 600 Watt ditancapkan pada energy meter kemudian pada energy meter tersebut ditancapkan pada terminal agar nilai yang keluar muncul atau dapat terbaca. Setelah sudah dipasang semua maka diuji kompor induksi dengan menggunakan air sebanyak 350 cc kemudian dilakukan sebanyak 10 kali percobaan pada saat suhu mencapai 50°C dan pada suhu 80°C ketika sudah selesai menguji maka diganti untuk menguji dengan menggunakan kompor listrik 600 Watt dengan cara yang sama seperti pada kompor induksi. Pengujian tersebut dilakukan seperti pada Gambar 11 berikut.



Gambar 11. Pengujian menggunakan energy meter.

II. ANALISIS DAN PEMBAHSAN

Pengukuran parameter dengan keadaan awal sebagai berikut :

- Volume air yang diberikan di tempat memasak sebanyak 350 cc.
- Jarak alat ukur medan magnet dengan tempat memasak 0 cm karena gelas *stainless steel* harus bersentuhan dengan lempengan kompor induksi agar mendapatkan panas yang sesuai.

- Pengukuran parameter pada tabel mulai dilakukan pada saat suhu air di tempat memasak mencapai 50°C dan suhu 80°C .

Tabel 1. Perbandingan waktu untuk pemanasan air pada suhu 50°C .

Percobaan ke	WAKTU (DETIK)	
	Kompor Induksi	Kompor listrik 600 Watt
1	153	306
2	154	308
3	152	309
4	155	301
5	150	304
6	149	302
7	151	307
8	148	300
9	156	301
10	149	303

Pengujian dilakukan bertujuan supaya dapat diketahui berapa besar daya, suhu dan waktu yang dipakai, pengujian dilakukan sebanyak 10 kali pada pengukuran tersebut. Pada saat percobaan pertama kompor induksi suhu air mencapai 50°C hanya membutuhkan waktu 153 detik sedangkan pada kompor listrik 600 Watt membutuhkan waktu lebih lama yakni sebesar 306 detik. Hal tersebut bisa terjadi dikarenakan pada kompor induksi memiliki putaran medan magnet yang cepat dan membuat garis-garis medan magnet yang kemudian arah arus berputar-putar sehingga membuat lempengan pada kompor induksi panas dengan cepat dibandingkan dengan kompor listrik yang hanya menggunakan kumparan kawat saja dan harus menunggu sampai kumparan kawat tersebut panas terlebih dahulu. Kemudian pada percobaan selanjutnya sampai percobaan ke sepuluh hasilnya tidak terlalu jauh dengan percobaan sebelumnya. Setelah itu dilakukan pengujian perbandingan waktu (detik) antara kompor induksi dengan kompor listrik 600 Watt mencapai suhu 80°C berisi 50 cc air dengan hasil pengujian seperti yang tertera pada tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan waktu untuk pemanasan air pada suhu 80°C .

Percobaan ke	WAKTU (DETIK)	
	Kompor Induksi	Kompor listrik 600 Watt
1	341	539
2	343	543
3	345	551
4	346	554
5	347	556
6	348	559
7	349	562
8	347	558
9	345	553
10	344	555

Pada pengukuran selanjutnya memanaskan air pada suhu 80°C tidak jauh berbeda dengan saat mengukur pada suhu 50°C , kompor induksi pada percobaan pertama memiliki waktu sebesar 341 detik dibandingkan dengan kompor listrik 600

Watt sebesar 539 detik, kompor induksi relatif lebih cepat dibandingkan dengan kompor listrik. Setelah itu dilakukan pengujian perbandingan arus antara kompor induksi dengan kompor listrik 600 Watt pada suhu 50°C berisi 350 cc air dengan hasil pengujian seperti pada tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan arus untuk pemanasan air pada suhu 50°C.

Percobaan ke	ARUS	
	Kompor Induksi	Kompor listrik 600 Watt
1	1,7	2,3
2	1,7	2,3
3	1,7	2,3
4	1,7	2,3
5	1,7	2,3
6	1,7	2,3
7	1,7	2,3
8	1,7	2,3
9	1,7	2,3
10	1,7	2,3

Pada Tabel 3 diatas menunjukkan bahwa nilai arus pada percobaan pertama sampai dengan percobaan ke sepuluh nilainya sama, pada kompor induksi memiliki nilai arus sebesar 1,7 Amper sedangkan pada kompor listrik 600 Watt memiliki nilai arus sebesar 2,3 Amper. Hal tersebut dikarenakan arus yang mengalir ke masing-masing kompor stabil atau konstan. Setelah itu dilakukan pengujian perbandingan arus antara kompor induksi dengan kompor listrik 600 Watt mencapai suhu 80°C berisi 350 cc air dengan hasil pengujian seperti pada tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan arus untuk pemanasan air pada suhu 80°C.

Percobaan ke	ARUS	
	Kompor Induksi	Kompor listrik 600 Watt
1	1,7	2,3
2	1,7	2,3
3	1,7	2,3
4	1,7	2,3
5	1,7	2,3
6	1,7	2,3
7	1,7	2,3
8	1,7	2,3
9	1,7	2,3
10	1,7	2,3

Pada Tabel 4 diatas menunjukkan bahwa nilai arus pada percobaan pertama sampai dengan percobaan ke sepuluh nilainya sama, pada kompor induksi memiliki nilai arus sebesar 1,7 Amper sedangkan pada kompor listrik 600 Watt memiliki nilai arus sebesar 2,3 Amper. Hal tersebut dikarenakan arus yang mengalir ke masing-masing kompor stabil atau konstan. Setelah itu dilakukan pengujian perbandingan daya antara kompor induksi dengan kompor listrik 600 Watt pada suhu 50°C berisi 350 cc air dengan hasil pengujian seperti pada tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan cos ϕ dan daya untuk pemanasan air pada suhu 50°C.

Percobaan ke	COS ϕ		DAYA	
	Kompor Induksi	Kompor listrik 600 Watt	Kompor Induksi	Kompor listrik 600 Watt
1	0,9	0,9	362	499
2	0,9	0,9	361	497
3	0,9	0,9	360	498
4	0,9	0,9	359	496
5	0,9	0,9	358	497
6	0,9	0,9	357	495
7	0,9	0,9	360	498
8	0,9	0,9	359	499
9	0,9	0,9	361	497
10	0,9	0,9	360	496

Selanjutnya pada Tabel 5 mengukur berapa besar *power factor* atau yang lebih dikenal dengan cos ϕ dan daya, pada masing-masing kompor baik kompor induksi maupun kompor listrik 600 Watt memiliki nilai cos ϕ sebesar 0,9 dari percobaan pertama sampai dengan percobaan ke sepuluh. Kemudian pada saat mengukur daya nilai yang terukur pada kompor induksi percobaan pertama sebesar 362 Watt sedangkan pada kompor listrik memiliki daya sebesar 499 Watt. Nilai yang terukur dari percobaan pertama sampai dengan percobaan kesepuluh hasilnya tidak terlalu jauh. Setelah itu dilakukan pengujian perbandingan cos ϕ dan daya antara kompor induksi dengan kompor listrik 600 Watt mencapai suhu 80°C berisi 350 cc air dengan hasil pengujian seperti pada tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan cos ϕ dan daya untuk pemanasan air pada suhu 80°C.

Percobaan ke	COS ϕ		DAYA	
	Kompor Induksi	Kompor listrik 600 Watt	Kompor Induksi	Kompor listrik 600 Watt
1	0,9	0,9	358	494
2	0,9	0,9	356	493
3	0,9	0,9	354	492
4	0,9	0,9	357	491
5	0,9	0,9	355	493
6	0,9	0,9	356	492
7	0,9	0,9	358	494
8	0,9	0,9	357	493
9	0,9	0,9	355	491
10	0,9	0,9	356	490

Pada Tabel 6 seperti dengan hasil pada tabel 4.5 nilai cos ϕ nya sama yakni sebesar 0,9 untuk masing-masing kompor baik itu kompor induksi maupun kompor listrik 600 Watt dan daya yang dihasilkan pada kompor induksi percobaan pertama sebesar 358 Watt sedangkan pada kompor listrik 600 Watt sebesar 490 Watt. Hasil dari percobaan pertama sampai dengan percobaan kesepuluh tidak terlalu jauh. Setelah itu dilakukan pengujian perbandingan tegangan antara kompor induksi dengan kompor listrik 600 Watt mencapai suhu 50°C berisi 350 cc air dengan hasil pengujian seperti pada tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan tegangan untuk pemanasan air pada suhu 50°C.

Percobaan ke	TEGANGAN	
	Kompur Induksi	Kompur listrik 600 Watt
1	191,6	195,3
2	191,1	194,5
3	190,6	194,9
4	190,1	194,1
5	189,5	194,5
6	189,0	193,7
7	190,6	194,9
8	190,1	195,3
9	191,1	194,5
10	190,6	194,1

Pada Tabel 7 diatas menunjukkan besar tegangan yang keluar dari masing-masing kompor, pada kompor induksi yang menggunakan motor memiliki supply tegangan sebesar sekitar 190 Volt dan sedangkan pada kompor listrik 600 Watt memiliki supply tegangan sekitar 194 Volt. Setelah itu dilakukan pengujian perbandingan tegangan antara kompor induksi dengan kompor listrik 600 Watt mencapai suhu 80°C berisi 350 cc air dengan hasil pengujian seperti pada tabel 8.

Tabel 8. Perbandingan tegangan untuk pemanasan air pada suhu 80°C.

Percobaan ke	TEGANGAN	
	Kompur Induksi	Kompur listrik 600 Watt
1	189,5	193,3
2	188,5	192,9
3	187,4	192,5
4	189,0	192,1
5	187,9	192,9
6	188,5	192,5
7	189,5	193,3
8	189,0	192,9
9	187,9	192,1
10	188,5	191,7

Pada tabel 8 tidak jauh berbeda dengan hasil pada Tabel 7 yang mana pada kompor induksi memiliki supply tegangan sebesar sekitar 189 Volt sedangkan pada kompor listrik 600 Watt memiliki supply tegangan sebesar 192 Volt.

4.1 Perhitungan

a) Dengan menggunakan persamaan (2.12), dapat dihitung energi masukan kompor induksi dengan tempat memasak bahan *stainless steel* yang berisi 350 cc air pada saat ΔT terukur sebesar adalah :

$$Q_{in} = V \cdot I \cdot PF \cdot \Delta t$$

$$= 191,6 \times 1,7 \times 0,9 \times 153$$

$$= 44851,64 \text{ Joule}$$

Sedangkan energi keluaran pada kompor induksi dengan tempat memasak menggunakan bahan *stainless steel*, data pengukuran yang dipergunakan untuk perhitungan adalah

ΔT (°C). Pada percobaan pengujian, tempat memasak dengan bahan *stainless steel* diisi dengan 350 cc air. Suhu awal air (T_1) sebesar 25°C. Sebelum mencari energi keluarannya, terlebih dahulu dicari kalor jenis air. Dengan menggunakan persamaan (2.14) dapat dicari kalor jenis air pada suhu 50°C (T_2) sebagai berikut :

$$C = 0,9983 - 0,005184 \cdot \frac{50}{100} + 0,006912 \cdot \left(\frac{50}{100}\right)^2$$

$$= 4,16731035 \text{ Joule} = 4,17 \text{ Joule}$$

Dengan,

$$M_{air} = 350 \text{ cc} = 350 \text{ gram}$$

$$\Delta T = T_2 - T_1 = 50^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C} = 25^\circ\text{C}$$

Maka dapat dihitung besarnya energi keluarannya :

$$Q_{out} = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$= 350 \times 4,17 \times 25$$

$$= 36487,5 \text{ Joule}$$

Dari perhitungan diatas, maka efisiensi energi pada kompor induksi dengan bahan *stainless steel* yang berisi 50 cc air dengan ΔT sebesar 25°C dan Δt sebesar 136 detik adalah,

$$\eta (\%) = \frac{36487,5}{44851,64} \times 100 \%$$

$$= 81,3 \%$$

Jadi, efisiensi energi pada percobaan pertama kompor induksi untuk memanaskan air sampai dengan suhu 50 °C sebesar 81,3 %.

b) Pada kompor listrik 600 Watt dapat dihitung sebagai berikut,

$$Q_{in} = V \cdot I \cdot PF \cdot \Delta t$$

$$= 195,3 \times 2,3 \times 0,9 \times 306$$

$$= 123706,92 \text{ Joule}$$

$$Q_{out} = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$= 350 \times 4,17 \times 25$$

$$= 36487,5 \text{ Joule}$$

$$\eta (\%) = \frac{36487,5}{123706,92} \times 100 \%$$

$$= 29,5 \%$$

Jadi, efisiensi energi pada percobaan pertama kompor listrik 600 Watt untuk memanaskan air sampai dengan suhu 50 °C sebesar 29,5 %. Dengan hasil tabel seperti pada Tabel 9 dan Tabel 10.

Tabel 9. Mencari efisiensi energi (η) kompor induksi pada suhu 50°C.

Δt	I	PF	V	Q_{in}	η (%)
153	1,7	0,9	191,6	44851,64	81,4
154	1,7	0,9	191,1	45026,98	81,0
152	1,7	0,9	190,6	44325,94	82,3
155	1,7	0,9	190,1	45082,22	80,9
150	1,7	0,9	189,5	43490,25	83,9
149	1,7	0,9	189	43086,33	84,7
151	1,7	0,9	190,6	44034,32	82,9
148	1,7	0,9	190,1	43046,24	84,8
156	1,7	0,9	191,1	45611,75	80,0
149	1,7	0,9	190,6	43451,08	84,0

Tabel 10. Mencari efisiensi energi (η) kompor listrik 600 Watt pada suhu 50°C.

Δt	I	PF	V	Q_{in}	η (%)
306	2,3	0,9	195,3	123706,93	29,5
308	2,3	0,9	194,5	124005,42	29,4
309	2,3	0,9	194,9	124663,89	29,3
301	2,3	0,9	194,1	120937,89	30,2
304	2,3	0,9	194,5	122394,96	29,8
302	2,3	0,9	193,7	121089,62	30,1
307	2,3	0,9	194,9	123857,00	29,5
300	2,3	0,9	195,3	121281,30	30,1
301	2,3	0,9	194,5	121187,12	30,1
303	2,3	0,9	194,1	121741,46	30,0

III. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dengan bahan logam *stainless steel* yang menjadi beban dari kompor pemanas induksi, dapat disimpulkan:

1. Supaya dapat memaksimalkan energi panas pada kompor pemanas induksi, diperlukan suatu tempat memasak dari bahan logam *ferromagnetic* yang memiliki resistivitas listrik yang rendah serta permeabilitas yang tinggi.
2. Kompor induksi memiliki waktu yang lebih cepat untuk memanaskan dibandingkan dengan kompor listrik 600 Watt.
3. Kompor induksi mempunyai nilai efisiensi energi yang lebih baik dari pada kompor listrik 600 Watt. Pada kompor induksi induksi suhu 50°C memiliki efisiensi energi paling besar yaitu sebesar 84,8 % sedangkan pada kompor listrik 600 Watt memiliki efisiensi energi paling besar dengan nilai 30,2 %.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Subekti Lukman, Budiyo Ma'un. 2012. *Pengaruh Perbaikan Faktor Daya Pada Kinerja Kompor Induksi*. Yogyakarta : Jurnal Penelitian Universitas Gajah Mada.
- [2] Afandria Dita, Ningrum, Anwar Nurul, Meliala Primasatria. 2014. *Rancang Bangun Kompor Induksi Berbasis PLC (Programmable Logic Controller) Pada Restaurant Cepat Saji*. Medan : Jurnal Penelitian Politeknik Negeri Medan.
- [3] Nabil A. Ahmed. 2008. "Three-Phase High Frequency AC Conversion Circuit with Dual Mode PWM/PDM Control Strategy for High Power IH Applications". Proceeding of World Academy of Science, Engineering and Technology, volume 35.
- [4] Isman Saputra Yudhi. 2008. *Analisa Pada Kompor Listrik Metode Induksi*. Padang : Jurnal Penelitian Politeknik Universitas Andalas Padang.
- [5] Djatmiko Istanto, Kustono. 2009. *Performansi Parameter Motor Induksi Tiga Fasa Dengan Sumber Tegangan dan Frekuensi Variabel*. Yogyakarta : Jurnal Universitas Negeri Yogyakarta.
- [6] Isdiyarto. 2010. *Dampak Perubahan Putaran Terhadap Unjuk Kerja Motor Induksi 3 Fasa Jenis Rotor Sangkar*. Semarang : Jurnal Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.

- [7] Yunus Yadi, Suyamto. 2008. *Rancang Bangun Alat Pengatur Kecepatan Motor Induksi Dengan Cara Mengatur Frekuensi*. Yogyakarta : Jurnal Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir BATAN.
- [8] Zhulkarnaen Yukovany. 2013. *Perancangan dan Pembuatan Pemanas Induksi Dengan Metode Pancake Oil Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 8535*. Malang : Jurnal Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- [9] Sugiyantoro Bambang, T Haryono, Yahya Farqadain. 2012. *Perancangan dan Pengujian Motor Induksi Tiga Fase Multi-Kutub*. Yogyakarta : Jurnal Jurusan Teknik Elektro Universitas Gadjah Mada.
- [10] Pambudi Slamet. 2012. *Pengaruh Variasi Beban Pada Pemanas Induksi Untuk Mendapatkan Penghematan Optimum*. Surakarta : Jurnal Penelitian Akademi Teknologi Warga Surakarta.