

# Pengaruh Perubahan Tegangan Masukan Terhadap Efisiensi Energi Kompor Induksi

Budi Sudiarto<sup>1</sup>, Justinus Dipo Nugroho<sup>2</sup>, Faiz Husnayain<sup>3</sup>, Agus R. Utomo<sup>4</sup>, I Made Ardita<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok 16424 INDONESIA (tel.: 021-7270078; fax: 021-7270077; email: <sup>1</sup>budi.sudiarto@ui.ac.id, <sup>2</sup>justinus.dipo@ui.ac.id, <sup>3</sup>faiz.h@ui.ac.id, <sup>4</sup>arutomo@eng.ui.ac.id, <sup>5</sup>i.made61@ui.ac.id)

<sup>1,3,4,5</sup>Electric Power and Energy Studies (EPES) Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok 16424 INDONESIA

[Diterima: 13 Februari 2023, Revisi: 18 April 2023]

Corresponding Author: Budi Sudiarto

**INTISARI** — Efisiensi dalam penggunaan energi merupakan langkah penting dalam menciptakan ketahanan energi bangsa. Ketergantungan pasokan energi dengan tingkat impor yang tinggi dapat menyebabkan suatu negara lebih mudah mengalami krisis dan ketergantungan. Hal ini juga termasuk dalam penyediaan sumber energi untuk kebutuhan memasak. Kompor induksi listrik merupakan salah satu alternatif kompor selain kompor gas *liquefied petroleum gas* (LPG) yang digunakan untuk memasak. Dengan kondisi subsidi impor pemerintah yang tinggi untuk pengadaan LPG, diversifikasi sumber energi dalam kebutuhan memasak perlu dilakukan. Memasak dengan kompor induksi lebih efisien daripada memasak dengan kompor gas karena waktu memasak yang lebih singkat dan energi panas yang terbuang lebih sedikit. Efisiensi energi kompor induksi berada pada kisaran 80% atau dua kali lebih tinggi dibandingkan dengan kompor gas, yakni pada angka 40%. Namun, tingkat efisiensi energi kompor induksi dapat dipengaruhi, salah satunya, oleh tegangan suplai listrik. Dengan kondisi kelistrikan di Indonesia yang memiliki tingkat mutu pelayanan tegangan  $220\text{ V} \pm 10\%$ , efisiensi energi pada kompor induksi dapat berbeda-beda. Penelitian ini menganalisis pengaruh variasi tegangan masukan terhadap efisiensi energi pada kompor induksi. Tegangan masukan divariasikan dari 230 V hingga 200 V dengan perbedaan 10 V menggunakan empat merek kompor induksi. Dari hasil pengujian, dapat diketahui bahwa efisiensi berbanding lurus dengan tegangan masukan. Makin tinggi tegangan masukan, makin tinggi pula efisiensi energi kompor induksi.

**KATA KUNCI** — Kompor Induksi, Efisiensi Energi, Perubahan Tegangan Masukan, Kualitas Daya.

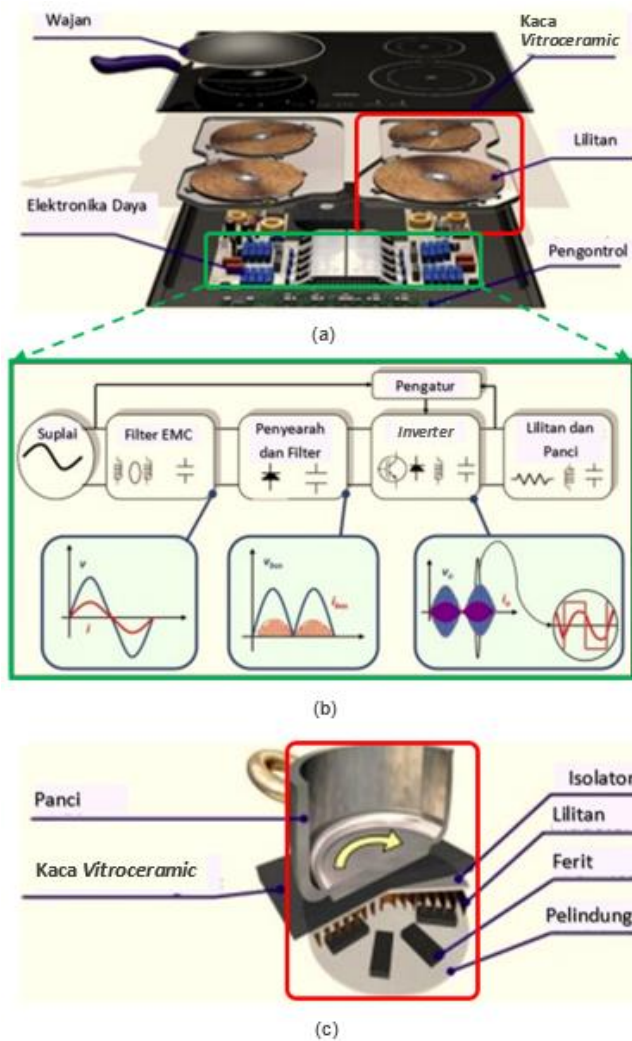
## I. PENDAHULUAN

Ketahanan energi merupakan salah satu hal fundamental dari ketahanan suatu negara. Indonesia saat ini memiliki nilai impor besar pada sektor *liquefied natural gas* (LNG), yang salah satunya untuk memenuhi kebutuhan dasar memasak [1]. Subsidi negara tidaklah sedikit untuk penyediaan pasokan *liquefied petroleum gas* (LPG). Selain disebabkan oleh harga impor gas dunia yang tinggi, subsidi juga banyak yang tidak tepat sasaran [2]-[3], sehingga pemerintah Indonesia perlu melakukan langkah alternatif terbaik dalam mengatasi kondisi ketahanan energi serta subsidi ekonomi. Salah satu alternatif solusinya adalah dengan penerapan kompor induksi. Kompor listrik dengan tingkat keamanan yang tinggi ini dapat menjaga ketahanan energi nasional serta menurunkan subsidi pada LNG [4]. Hal ini dapat dicapai melalui pemanfaatan sumber daya energi yang ada di Indonesia untuk pembangkitan energi listriknya [5].

Diversifikasi sumber energi, termasuk dengan penggunaan kompor induksi, diyakini tidak hanya meningkatkan efisiensi sistem kelistrikan, tetapi juga diharapkan mampu menjadi solusi atas dua permasalahan global lainnya saat ini, yaitu krisis energi dan perubahan iklim [6]. Berdasarkan hasil kajian, penggunaan kompor gas kurang efisien karena panas yang dihasilkan sebagian terbuang akibat adanya jarak antara api dengan peralatan masak [7]. Hal ini dapat berakibat pada meningkatnya biaya konsumsi rumah tangga yang harus dikeluarkan. Dari sisi faktor keselamatan, kompor induksi memiliki tingkat keamanan yang tinggi dibandingkan dengan kompor jenis lainnya. Hal ini disebabkan oleh sistem pemanas pada kompor induksi yang tidak menggunakan api, sehingga mencegah terjadinya kebakaran akibat percikan. Pada kompor induksi, hanya peralatan masak yang dipanaskan, sehingga energi yang terpakai menjadi lebih sedikit, lebih hemat biaya, dan waktu memasak juga lebih cepat [8]-[10].

Berbagai penelitian telah dilakukan terkait desain optimal sistem kinerja kompor induksi, mulai dari sistem daya suplai yang digunakan, baik fase tunggal maupun tiga fase [11]-[12], jenis peralatan *switching* yang mencakup frekuensi kerja *low-high*, dan tingkat konsumsi daya rendah [13]-[15]. Selain itu, diteliti pula algoritma kendali, antara lain kendali faktor daya dan harmonik, level suhu memasak dan daya operasional yang optimal [16]-[17], hingga desain semikonduktor yang digunakan dengan berbagai bentuk, distribusi energi panas pada kompor, serta jenis bahan feromagnetik yang baik [18]-[22]. Penelitian terkait penggunaan kompor induksi pada jaringan dengan sistem suplai energi terbarukan juga telah banyak dilakukan, termasuk dampaknya pada kualitas sistem kelistrikan, baik pada jaringan maupun peralatan lain yang terhubung ke jaringan listrik tersebut, serta evaluasi kinerjanya [23]-[25]. Semuanya berupaya meningkatkan efisiensi energi yang digunakan serta memilih bahan dan algoritma kendali yang optimal untuk menjadikan teknologi kompor induksi semakin aman dan nyaman digunakan.

Mengacu pada penelitian sebelumnya, efisiensi kompor induksi lebih baik dibandingkan dengan kompor gas [7]. Namun, besarnya efisiensi kompor induksi bergantung pada kualitas daya, pengaturan daya, dan material peralatan masak yang digunakan. Selain faktor ketahanan energi, kondisi faktual jaringan listrik di Indonesia juga tidak stabil. Adanya fluktuasi tegangan pada jaringan listrik memiliki dampak pada tingkat kinerja dan efisiensi peralatan listrik yang terhubung pada jaringan tersebut. Tingkat fluktuasi tegangan juga diatur pada Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 20 Tahun 2020 tentang aturan jaringan sistem tenaga listrik (*grid code*). Untuk kondisi di Indonesia sendiri, rujukan tingkat efisiensi masih terbatas, sehingga dibutuhkan penelitian ilmiah untuk menjadi rujukan alternatif bagi masyarakat untuk dapat menggunakan kompor induksi. Oleh karena itu, pada



**Gambar 1.** Konfigurasi kompor induksi, (a) sistem secara keseluruhan, (b) sistem elektronika daya, (c) detail komponen per kompor [12].

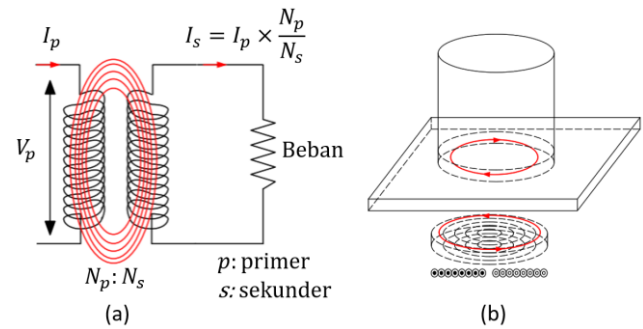
penelitian ini dilakukan pengujian empat merek kompor induksi yang berbeda dengan variasi tegangan untuk mengetahui pengaruh variasi tegangan terhadap efisiensi energi pada kompor induksi. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi referensi dalam pengembangan kompor induksi selanjutnya.

## II. SISTEM KERJA KOMPOR INDUKSI

Prinsip kerja kompor induksi, induksi elektromagnetik, arus *eddy*, hukum Ampere dan Lenz, serta perhitungan efisiensi dibahas pada bagian ini.

### A. KOMPOR INDUKSI

Kompor induksi bekerja dengan prinsip induksi, yaitu arus listrik berfrekuensi tinggi mengalir pada kumparan kompor induksi. Arus induksi tersebut, yang dihasilkan oleh inverter, kemudian akan menginduksi panci yang berbahan feromagnetik sehingga menghasilkan panas pada panci. Panas yang dihasilkan tersebut digunakan untuk proses memasak. Dalam kompor induksi, gulungan kawat tembaga ada di bawah panci masak. Arus listrik bolak-balik (*alternating current*, AC) mengalir melalui kumparan, yang menghasilkan osilasi medan magnet. Medan magnet ini menginduksi panci masak. Arus induksi yang mengalir di panci logam menghasilkan sifat resistif pemanas yang akan memanaskan makanan/air. Arus listrik induksi ini besar, tetapi tegangannya rendah. Inti dari sistem kompor induksi terletak pada rancangan komponen



**Gambar 2.** Sistem pemanasan kompor induksi, (a) Skema keseimbangan transformator, (b) arus induktif yang dihasilkan pada bagian bawah panci.

elektronik yang ada di dalamnya, yang memiliki fungsi pengaturan daya dan suhu secara digital. Gambar 1 mengilustrasikan prinsip kerja dan konfigurasi kompor induksi saat ini secara umum [12]. Secara keseluruhan, sistem terdiri atas empat bagian utama, yaitu sistem elektronika daya, kaca pelapis berbahan *vitroceramic*, lilitan, serta bagian pengendali rangkaian elektronika [12].

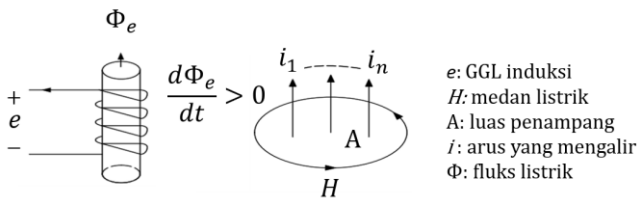
Selanjutnya, detail sistem elektronika daya atau konversi daya yang digunakan secara umum pada kompor induksi ditunjukkan pada Gambar 1(b). Sistem tersebut terdiri atas suplai daya, filter *electromagnetic compatibility* (EMC), rangkaian diode penyearah bersama filternya, rangkaian *inverter*, lilitan, dan pengendali keseluruhan rangkaian elektronika daya tersebut. Detail komponen penyusun kompor induksi per satu kompor diperlihatkan pada Gambar 1(c).

Terkait prinsip kerjanya, panas yang dihasilkan pada suatu kompor induksi mengikuti efek Joule. Energi panas yang dihasilkan merupakan hasil kali dari nilai hambatan lilitan,  $R$ , dengan nilai kuadrat arus induksi,  $i^2$ , sehingga didapatkan nilainya menjadi  $i^2R$ . Pada beberapa rangkaian kompor induksi, terdapat tambahan proteksi dari tegangan berlebih dan arus berlebih. Selain itu, pada sebagian besar produk yang telah tersertifikasi dan mengikuti standar keamanan Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) atau International Electrotechnical Commission (IEC) juga ditemukan sistem manajemen panas yang baik.

Pemanasan induksi adalah proses pemanasan logam oleh induksi elektromagnetik. Proses ini menghasilkan arus *eddy* di dalam logam dan resistansinya mengarah ke pemanasan Joule, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 1(b). Fenomena ini juga menghasilkan kerugian histerisis magnet melalui bahan dalam panci. Kompor induksi terdiri atas sebuah kumparan tembaga pada umumnya, yang dilalui arus AC frekuensi tinggi. Frekuensi AC yang digunakan didasarkan pada frekuensi penyakelaran atau *switching* maksimum dari sakelar/*switch* yang biasanya menggunakan jenis IGBT. Frekuensi yang lebih tinggi dapat mengurangi induktans kumparan dan ukuran kapasitor resonansi, sehingga dapat menghemat biaya pada pengadaan unit. Pemanasan induksi didasarkan pada hukum elektromagnetik. Sistem keseluruhan dapat didekati dengan trafo listrik, yaitu kumparan utamanya adalah tembaga kompor induksi dan lapisan bawah terluar dari panci, seperti terlihat pada Gambar 2.

### B. INDUKSI ELEKTROMAGNETIK

Induksi elektromagnetik mengikuti hukum Faraday, yaitu induksi gaya gerak listrik (GGL) dalam setiap rangkaian tertutup sama dengan negatif dari laju waktu perubahan fluks magnet melalui rangkaian tersebut. Sebagai ilustrasi, induksi elektromagnetik terjadi ketika suatu rangkaian primer dialiri



Gambar 3. Ilustrasi hukum Ampere dan hukum Lenz [26].

arus AC, sehingga timbul arus di rangkaian sekunder akibat fluks garis-garis medan magnet bolak-balik. Arus AC yang mengalir pada suatu konduktor dengan lilitan kumparan akan menghasilkan medan magnet, sesuai (1) sampai (5) [26].

$$\oint H \cdot dl = \sum i \tag{1}$$

$$\Phi = \iint_A B \cdot dA \tag{2}$$

$$B = \mu \cdot H \tag{3}$$

$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r \tag{4}$$

$$e = -N \cdot d\Phi/dt. \tag{5}$$

**C. ARUS EDDY**

Arus eddy merupakan mekanisme utama yang menyebabkan pemanasan pada kompor induksi. Panas yang dihasilkan pada material sangat bergantung pada besarnya arus eddy yang diinduksikan oleh lilitan penginduksi, seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Ketika lilitan dialiri oleh arus AC, 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 di sekitar medan magnet yang berubah-ubah tersebut, 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 magnet, gaya elektromotif (*electromotive force*, EMF) akan terinduksi ke dalam konduktor. Besarnya EMF bergantung pada ukuran, kekuatan, dan kerapatan medan magnet; kecepatan pada saat garis-garis gaya magnet dipotong; dan kualitas konduktor [26].

**D. EFISIENSI ENERGI KOMPOR INDUKSI**

Efisiensi energi pada kompor induksi dapat dihitung dari perbandingan antara energi panas yang dihasilkan dengan energi listrik yang digunakan. Pada penelitian ini, dalam menghitung efisiensi energi, digunakan (6) sampai (9).

$$\eta(\%) = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100\% \tag{6}$$

$$\eta(\%) = \frac{M_{air} \times C_{air} \times \Delta T}{V \times I \times P_F \times \Delta t} \times 100\% \tag{7}$$

$$Q_{in} = V \times I \times P_F \times \Delta t \tag{8}$$

$$Q_{out} = M_{air} \times C_{air} \times \Delta T \tag{9}$$

dengan,

$Q_{in}$  = energi suplai (J)

$Q_{out}$  = konsumsi energi (J)

$M_{air}$  = massa air (g)

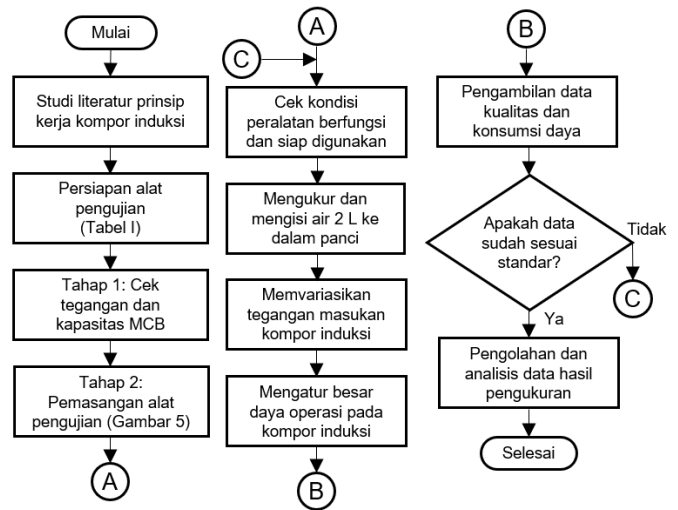
$C_{air}$  = kalor jenis air (J/g.°C)

$\Delta T$  = perubahan suhu (°C)

$V$  = tegangan suplai (V)

$I$  = arus suplai (A)

$P_F$  = power factor.



Gambar 4. Diagram alir pengujian efisiensi energi kompor induksi.

TABEL I  
OPSI DAYA KOMPOR INDUKSI YANG DIUJI

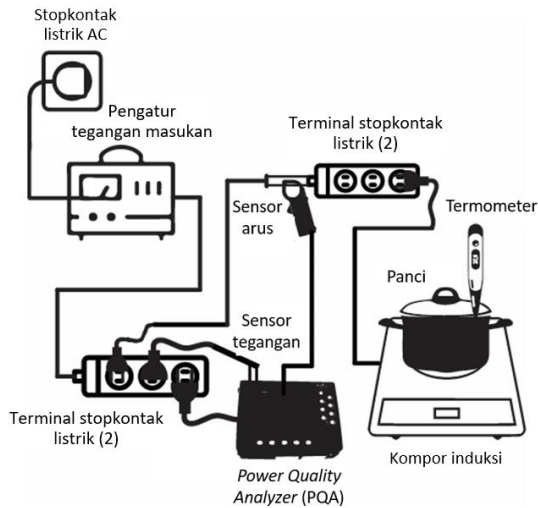
No	Kompor Induksi	Opsinya Daya Operasi Kompor Induksi (W)						
		600	800	1.000	1.200	1.300	1.400	1.800
1	Merek A			√			√	√
2	Merek B	√	√	√		√		
3	Merek C	√	√	√	√			
4	Merek D	√	√					

**III. METODOLOGI**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi tegangan suplai terhadap konsumsi daya rata-rata dari beberapa kompor induksi yang umum beredar di masyarakat. Metode penelitian mencakup pemetaan masalah terkait kompor induksi hingga uji kinerja dengan mengukur daya rata-rata, waktu operasi, serta konsumsi energi listrik kompor dalam memanaskan 2 L air hingga mendidih dari suhu awal 30 °C. Variasi tegangan masukan dilakukan dalam pengujian untuk memberi gambaran dampak fenomena variasi tegangan yang terjadi pada jaringan listrik PLN terhadap kinerja kompor induksi.

**A. DIAGRAM ALIR PENELITIAN**

Diagram alir pengujian efisiensi energi kompor induksi pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4. Tujuan pengujian efisiensi energi ini adalah untuk mendapatkan profil kualitas dan konsumsi daya listrik untuk setiap variasi tegangan masukan yang diberikan pada masing-masing merek sesuai dengan level daya operasi yang tersedia, seperti diperlihatkan pada Tabel I. Tampak pada Gambar 4 bahwa skenario pengujian yang dilakukan dibagi menjadi tiga tahap. Tahap pertama adalah peninjauan kondisi stabilitas tegangan dan kapasitas daya di lokasi titik pengujian. Tahap kedua yaitu pemasangan alat pengujian, lalu tahap ketiga adalah pengujian perubahan tegangan masukan kompor induksi terhadap efisiensi energi listrik pada masing-masing level daya operasi yang tersedia. Pada penelitian ini, daya operasi kompor induksi disesuaikan dengan level daya yang tersedia pada masing-masing merek kompor, seperti yang disajikan pada Tabel I. Ada dua acuan standar yang digunakan pada penelitian ini. Acuan pertama adalah *grid code* yang digunakan PLN, yang diterbitkan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, dalam menyediakan layanan listrik pada jaringannya. Acuan



Gambar 5. Rangkaian pengujian efisiensi energi kompor induksi.

TABEL II  
SPESIFIKASI OBJEK PENELITIAN YANG DIUJI

Uraian	Jumlah
Volume air (L)	2
Kalor jenis air (kJ/kg. °C)	4,2
T <sub>0</sub> (°C)	30
T <sub>1</sub> (°C)	100
ΔT (°C)	70
Kalori 2 L air (kKal)	140

kedua yaitu standar IEEE No 1159-1995 untuk mengevaluasi kualitas daya listrik pada jaringan.

## B. RANGKAIAN PENGUJIAN

Rangkaian pengujian pada penelitian ini diperlihatkan pada Gambar 5. Untuk mendapatkan data tingkat efisiensi energi yang merepresentasikan kondisi kompor induksi di Indonesia, empat merek yang populer digunakan sebagai sampel uji, yaitu, sesuai urut abjad, Advance, Cyprus, Idealife, dan Philips. Selanjutnya, alat ukur kualitas daya digunakan untuk merekam kualitas serta konsumsi energi yang digunakan pada setiap skenario pengujian. Hasil pengukuran *power quality analyzer* (PQA) ini nantinya yang menjadi dasar evaluasi untuk menentukan tingkat efisiensi setiap merek kompor induksi pada setiap opsi level daya operasi. Pengatur tegangan digunakan pada pengujian untuk memvariasikan tegangan masukan kompor induksi. Satu gelas ukur 1.000 mL, satu buah termometer, dan dua unit panci feromagnetik digunakan pada pengujian ini.

## C. PERHITUNGAN EFISIENSI ENERGI

Perhitungan efisiensi energi pada kompor induksi dari hasil pengujian dilakukan menggunakan (6). Energi masukan yang dihitung mengacu pada (8) merupakan banyaknya energi listrik yang diserap kompor induksi untuk mendidihkan air. Besarnya konsumsi energi listrik digunakan sebagai parameter energi masukan. Perhitungan konsumsi energi listrik dipengaruhi daya listrik yang digunakan kompor dan lama waktu memasak air hingga mendidih.

Konsumsi energi menyatakan jumlah kalor atau energi panas yang dibutuhkan dalam mendidihkan 2 L air, dengan perhitungan mengacu pada (9). Besarnya kalor digunakan sebagai parameter konsumsi energi. Dengan massa jenis air 1 g/cm<sup>3</sup> atau 1 kg/L, massa air yang digunakan dalam penelitian ini adalah 2 kg. Kalor jenis merupakan banyaknya kalor yang dibutuhkan sebuah zat untuk menaikkan suhu 1 g zat tersebut

sebesar 1 °C. Pada pengujian ini, air digunakan sebagai parameter untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan dalam mendidihkan air. Kalor jenis air adalah 4.200 kJ/kg°C atau 4,2 kJ/kg°C. Perhitungan kalor dipengaruhi oleh massa air yang digunakan, kalor jenis air, dan perubahan suhu dari suhu air awal hingga air mendidih. Maka, dengan membandingkan konsumsi energi dan energi masukan, dapat diperoleh rasio dari kalor yang dihasilkan terhadap penggunaan konsumsi energi pada kompor induksi.

Dari Tabel II dapat dilihat bahwa air yang digunakan pada pengujian ini sebanyak 2 L. Suhu awal air di dalam panci pada kondisi sebelum dipanaskan adalah 30 °C. Air kemudian dipanaskan hingga mendidih dengan suhu akhir 100 °C, sehingga besar perubahan suhu (ΔT) yang terjadi adalah 70 °C. Dengan menggunakan (9), dapat dihitung nilai konsumsi energi ( $Q_{out}$ ).

$$Q_{out} = M_{air} \times C_{air} \times \Delta T$$

$$Q_{out} = 2 \times 4,2 \times 70 = 588 \text{ kJ.}$$

Jika konsumsi energi dalam kJ dikonversi menjadi konsumsi energi dalam kKal, maka

$$Q_{out} = \frac{588 \text{ kJ}}{4,186} = 140,47 \text{ kKal.}$$

Besar konsumsi energi listrik yang terukur dihitung menggunakan (10).

$$Q_{out} E \text{ (kWh)} = \frac{P \times t}{1000} \quad (10)$$

dengan:

$E$  = konsumsi energi listrik (kWh)

$P$  = daya aktif (W)

$t$  = waktu masak (jam).

Penelitian ini juga menggunakan regresi linear untuk memprediksi fungsi efisiensi terhadap perubahan tegangan masukan, sehingga nantinya setiap level daya operasi akan memiliki fungsi efisiensi terhadap tegangan masukan sebagai upaya memprediksi pengaruh variasi tegangan masukan terhadap efisiensi kompor induksi. Fungsi tersebut mengikuti (11).

$$\eta(\%) = (\alpha \times \text{tegangan suplai}) + \beta \quad (11)$$

dengan:

$\eta$  = tingkat efisiensi energi listrik (%)

$\alpha$  = laju perubahan  $\eta$  terhadap perubahan tegangan (%/V)

$\beta$  = nilai awal efisiensi dari regresi linear (%).

## IV. HASIL DAN ANALISIS

Fokus pembahasan didasarkan pada pengaruh variasi tegangan suplai terhadap efisiensi energi kompor induksi. Analisis hasil penelitian dibagi menjadi dua, yaitu analisis profil hasil pengukuran kompor induksi merek A, B, C, dan D sesuai dengan desain daya operasi pada masing-masing merek; dan analisis dampak dari pemilihan daya operasi terhadap efisiensi energi dengan variasi tegangan suplainya.

### A. HASIL PENGUJIAN

Tabel III dan Tabel IV merupakan hasil pengukuran dampak variasi tegangan suplai terhadap konsumsi energi, waktu, dan efisiensi energinya. Berdasarkan hasil pengukuran, terlihat besar konsumsi energi yang dihasilkan kompor induksi berbanding lurus dengan daya rata-rata keluaran yang digunakan.

TABEL III

HASIL PENGUJIAN PENGARUH VARIASI TEGANGAN TERHADAP KONSUMSI DAYA, WAKTU MASAK, DAN KONSUMSI ENERGI PADA KOMPOR INDUKSI

Merek	Daya Operasi (W)	Konsumsi Daya Rata-Rata (W) per Variasi Tegangan Masukan				Waktu Masak (Menit) pada Pengaturan Tegangan Masukan				Konsumsi Energi (kWh) pada Pengaturan Tegangan Masukan			
		230 V	220 V	210 V	200 V	230 V	220 V	210 V	200 V	230 V	220 V	210 V	200 V
Merek A	1.000	901,0	913,3	917,3	932,0	13:10	13:16	13:30	13:33	0,198	0,204	0,207	0,211
	1.400	1.333,3	1.336,3	1.356,7	1.375,7	8:40	8:50	9:00	9:10	0,194	0,201	0,206	0,208
	1.800	1.661,0	1.673,7	1.676,3	1.679,7	6:50	7:00	7:10	7:20	0,190	0,195	0,202	0,203
Merek B	600	597,3	567,7	572,0	540,3	21:53	22:40	23:00	24:27	0,217	0,218	0,220	0,221
	800	848,3	826,7	800,7	748,3	14:40	15:16	16:00	17:00	0,209	0,211	0,213	0,214
	1.000	1.036,7	1.026,3	966,0	912,3	11:43	12:03	13:06	13:53	0,205	0,207	0,208	0,212
	1.300	1.254,7	1.216,7	1.151,7	1.118,7	9:40	10:00	10:40	11:16	0,203	0,204	0,207	0,211
Merek C	600	938,3	916,7	836,7	736,3	13:13	13:50	15:23	17:43	0,208	0,212	0,215	0,218
	800	1.015,9	996,3	899,7	785,7	12:06	12:33	14:06	16:20	0,206	0,209	0,212	0,215
	1.000	1.064,7	1.022,5	922,0	806,0	11:26	11:46	13:30	15:50	0,204	0,208	0,209	0,213
	1.200	1.138,3	1.108,7	979,3	839,7	10:36	11:03	12:53	15:00	0,203	0,205	0,209	0,211
Merek D	600	691,0	669,0	NA	NA	18:10	18:20	NA	NA	0,211	0,216	NA	NA
	800	814,3	809,3	803,0	800,7	15:20	15:30	15:40	15:50	0,209	0,210	0,210	0,212

NA = not applicable

TABEL IV

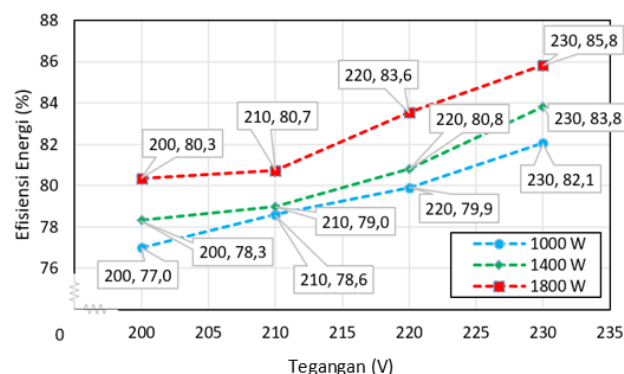
HASIL PENGUJIAN PENGARUH VARIASI TEGANGAN TERHADAP EFISIENSI ENERGI PADA KOMPOR INDUKSI

Merek	Daya (W)	Efisiensi Energi (%) per Variasi Tegangan Masukan			
		230 V	220 V	210 V	200 V
Merek A	1.000	82,1	82,1	79,9	78,6
	1.400	83,8	83,8	80,8	79,0
	1.800	85,8	85,8	83,6	80,7
Merek B	600	75,1	75,1	74,5	74,1
	800	77,9	77,9	77,1	76,5
	1.000	79,3	79,3	78,6	78,1
Merek C	600	78,4	78,4	76,7	75,6
	800	79,1	79,1	77,8	76,8
	1.000	79,7	79,7	78,1	77,7
Merek D	600	77,1	77,1	75,5	NA
	800	78,0	78,0	77,6	77,4

NA = not applicable

Perhitungan suplai energi pada kompor induksi diambil dari data parameter ke-1, yaitu pada kompor induksi merek A dengan pemilihan daya operasi 1.000 W dan tegangan 230 V. Berdasarkan data pengukuran parameter ke-1, daya rata-rata yang dikonsumsi kompor induksi merek A ini sebesar 901 W dan waktu yang dibutuhkan untuk mendidihkan 2 L air adalah 13 menit 10 detik. Jika dikonversi menjadi jam, diperoleh durasi memasak yaitu 0,2190 jam. Dengan menggunakan (8), dapat dihitung nilai suplai energi ( $Q_{in}$ ) yang dikonsumsi, yaitu sebesar 0,1983 kWh.

Selanjutnya, hasil pengujian pada Tabel III memperlihatkan bahwa besar efisiensi energi yang dihasilkan berbanding terbalik dengan konsumsi energi yang digunakan. Nilai efisiensi energi dari kompor induksi merek A dengan daya



Gambar 6. Profil perbandingan variasi tegangan suplai terhadap efisiensi energi kompor induksi Merek A.

1.000 W pada tegangan 230 V dapat dihitung menggunakan (6), yaitu sebesar 82,1%.

$$\eta(\%) = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100\%$$

$$\eta(\%) = \frac{140}{170,62} \times 100\%$$

$$\eta(\%) = 82,1\%$$

Fokus pembahasan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui secara empiris dampak adanya fluktuasi tegangan suplai terhadap kinerja kompor induksi yang umum beredar dan digunakan saat ini di masyarakat. Setiap merek kompor induksi memiliki level daya operasi yang unik, seperti yang dapat dilihat pada Tabel I, sehingga tidak dapat digeneralisasi nilainya. Namun, terlihat bahwa fenomena umum yang ada mengacu pada perubahan tegangan masukan. Penyampaian hasil pengukuran dimulai dari merek A hingga merek D dan dilanjutkan dengan perbandingannya.

### B. ANALISIS EFISIENSI ENERGI KOMPOR INDUKSI MEREK A

Gambar 6 menunjukkan pengaruh variasi tegangan suplai terhadap efisiensi energi yang dihasilkan oleh kompor induksi

merek A. Pada kompor induksi merek A ini terdapat tiga level daya operasi, yaitu 1.800 W, 1.400 W, dan 1.000 W. Pada level daya operasi 1.800 W, besarnya efisiensi untuk tegangan 230 V, 220 V, 210 V, dan 200 V berturut-turut adalah sebesar 85,8%, 83,6%, 80,7%, dan 80,3%. Perbedaan efisiensi antara tegangan suplai 230 V dan 200 V mencapai 5,5%. Pada daya operasi 1.800 W ini, laju perubahan efisiensi yang terjadi mengikuti persamaan regresi linear

$$\eta(\%) = (0,193 \times \text{tegangan suplai}) + 41,078.$$

Pada daya operasi 1.400 W, besarnya efisiensi untuk tegangan 230 V, 220 V, 210 V, dan 200 V berturut-turut adalah 83,8%, 80,8%, 79,0%, dan 78,3%. Perbedaan efisiensi antara tegangan suplai 230 V dan 200 V pada level daya ini mencapai 5,5%. Pada daya operasi 1.400 W ini, laju perubahan efisiensi yang terjadi mengikuti persamaan

$$\eta(\%) = (0,183 \times \text{tegangan suplai}) + 41,132.$$

Pada daya operasi 1.000 W, besarnya efisiensi untuk tegangan 230 V, 220 V, 210 V, dan 200 V berturut-turut adalah 82,1%, 79,9%, 78,6%, dan 77,0%. Perbedaan efisiensi antara tegangan suplai 230 V dan 200 V pada level daya ini mencapai 5,0% atau lebih kecil 0,5% dibandingkan dengan dua level daya sebelumnya. Pada daya operasi 1.000 W ini, laju perubahan efisiensi yang terjadi mengikuti persamaan

$$\eta(\%) = (0,1644 \times \text{tegangan suplai}) + 44,036.$$

Dapat diamati bahwa makin rendah tegangan suplai pada kompor induksi merek A, makin kecil pula efisiensi energi yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena berdasarkan hasil pengukuran, konsumsi energi kompor induksi merek A mengalami kenaikan seiring dengan penurunan tegangan suplai. Selain itu, waktu yang dibutuhkan untuk memasak juga meningkat. Maka, dengan adanya kenaikan pada kedua komponen tersebut, didapatkan nilai efisiensi energi yang menurun seiring dengan penurunan tegangan suplai.

### C. ANALISIS EFISIENSI ENERGI KOMPOR INDUKSI MEREK B

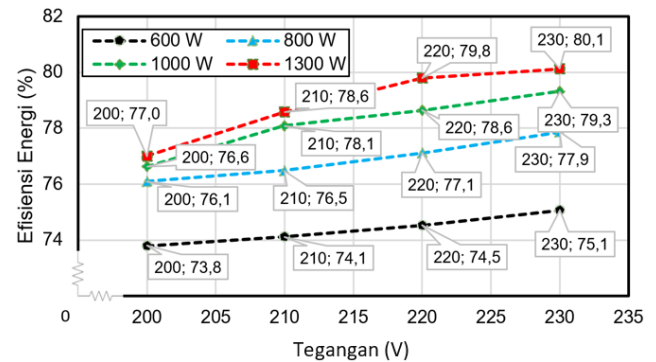
Gambar 7 menunjukkan pengaruh variasi tegangan suplai terhadap efisiensi energi yang dihasilkan oleh kompor induksi merek B. Pada kompor induksi merek B ini, terdapat empat level daya operasi, yaitu 1.300 W, 1.000 W, 800 W, dan 600 W. Pada level daya operasi 1.300 W, besarnya efisiensi untuk tegangan 230 V, 220 V, 210 V dan 200 V berturut-turut adalah 80,1%, 79,8%, 78,6%, dan 77,0%. Perbedaan efisiensi antara tegangan suplai 230 V dan 200 V mencapai 3,1%. Pada daya operasi 1.300 W ini, laju perubahan efisiensi yang terjadi mengikuti persamaan

$$\eta(\%) = (0,1059 \times \text{tegangan suplai}) + 56,116.$$

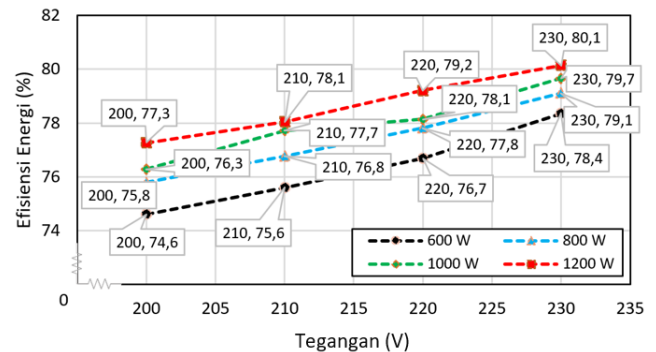
Pada daya operasi 1.000 W, besarnya efisiensi untuk tegangan 230 V, 220 V, 210 V, dan 200 V berturut-turut sebesar 79,3%, 78,6%, 78,1%, dan 76,6%. Perbedaan efisiensi antara tegangan suplai 230 V dan 200 V pada level daya ini mencapai 2,7%. Pada daya operasi 1.000 W, laju perubahan efisiensi yang terjadi mengikuti persamaan

$$\eta(\%) = (0,0862 \times \text{tegangan suplai}) + 59,632.$$

Pada daya operasi 800 W, besarnya efisiensi untuk tegangan 230 V, 220 V, 210 V, dan 200 V berturut-turut adalah 77,9%, 77,1%, 76,5%, dan 76,1%. Perbedaan efisiensi antara tegangan suplai 230 V dan 200 V pada level daya ini mencapai



Gambar 7. Profil perbandingan variasi tegangan suplai terhadap efisiensi energi kompor induksi merek B.



Gambar 8. Profil perbandingan variasi tegangan suplai terhadap efisiensi energi kompor induksi merek C.

1,8%. Pada daya operasi 800 W ini, laju perubahan efisiensi yang terjadi mengikuti persamaan

$$\eta(\%) = (0,0594 \times \text{tegangan suplai}) + 64,108.$$

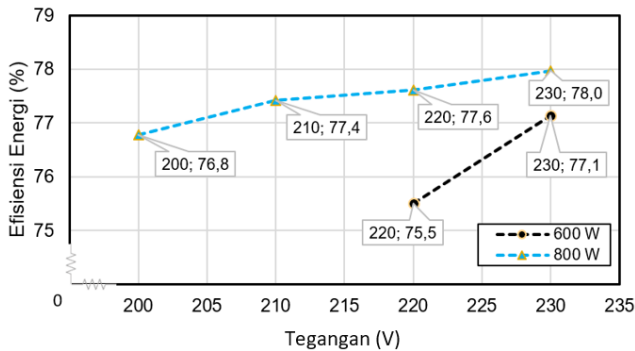
Pada daya operasi 600 W, besarnya efisiensi untuk tegangan 230 V, 220 V, 210 V, dan 200 V berturut-turut adalah 75,1%, 74,5%, 74,1%, dan 73,8%. Perbedaan efisiensi antara tegangan suplai 230 V dan 200 V pada level daya ini mencapai 1,3%. Pada daya operasi 600 W, laju perubahan efisiensi yang terjadi mengikuti persamaan

$$\eta(\%) = (0,0422 \times \text{tegangan suplai}) + 65,301.$$

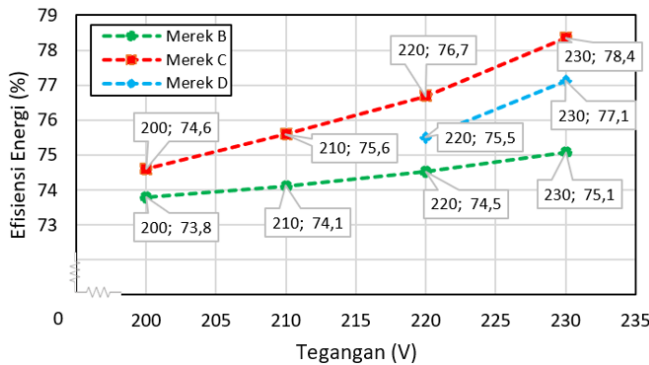
Serupa dengan kompor induksi merek A, pada merek B ini didapatkan suatu fenomena yaitu kenaikan tegangan suplai pada kompor mengakibatkan kenaikan nilai efisiensi energi. Selain itu, dapat dilihat pada hasil pengukuran bahwa nilai konsumsi daya pada merek B ini menjadi lebih besar seiring kenaikan tegangan suplai. Meskipun demikian, waktu yang dibutuhkan untuk memanaskan air menjadi jauh lebih singkat seiring dengan naiknya tegangan, sehingga kenaikan tegangan memiliki dampak pada kenaikan nilai efisiensi pada kompor induksi merek B ini.

### D. ANALISIS EFISIENSI ENERGI KOMPOR INDUKSI MEREK C

Gambar 8 memperlihatkan pengaruh variasi tegangan suplai terhadap efisiensi energi yang dihasilkan oleh kompor induksi merek C. Pada kompor induksi merek C, terdapat empat level daya operasi, yaitu 1.200 W, 1.000 W, 800 W, dan 600 W. Pada level daya operasi 1.200 W, besarnya efisiensi untuk tegangan 230 V, 220 V, 210 V, dan 200 V berturut-turut adalah 80,1%, 79,2%, 78,1%, dan 77,3%. Perbedaan efisiensi antara tegangan suplai 230 V dan 200 V mencapai 2,9%. Pada daya operasi 1.200 W ini, laju perubahan efisiensi yang terjadi mengikuti persamaan



Gambar 9. Profil perbandingan variasi tegangan suplai terhadap efisiensi energi kompor induksi merek D.



Gambar 10. Perbandingan variasi tegangan suplai terhadap efisiensi energi kompor induksi antar merek kompor induksi pada daya 600 W.

$$\eta(\%) = (0,0979 \times \text{tegangan suplai}) + 57,614.$$

Pada daya operasi 1.000 W, besarnya efisiensi untuk tegangan 230 V, 220 V, 210 V, dan 200 V berturut-turut sebesar 79,7%, 78,1%, 77,7%, dan 76,3%. Perbedaan efisiensi antara tegangan suplai 230 V dan 200 V pada level daya ini mencapai 3,4%. Pada daya operasi 1.000 W, laju perubahan efisiensi yang terjadi mengikuti persamaan

$$\eta(\%) = (0,1054 \times \text{tegangan suplai}) + 55,28.$$

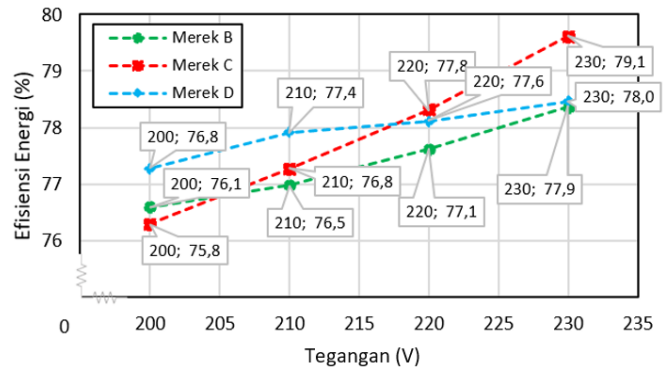
Pada daya operasi 800 W, besarnya efisiensi untuk tegangan 230 V, 220 V, 210 V, dan 200 V berturut-turut sebesar 79,1%, 77,8%, 76,8%, dan 75,8%. Perbedaan efisiensi antara tegangan suplai 230 V dan 200 V pada level daya ini mencapai 3,3%. Pada daya operasi 800 W ini, laju perubahan efisiensi yang terjadi mengikuti persamaan

$$\eta(\%) = (0,1099 \times \text{tegangan suplai}) + 53,745.$$

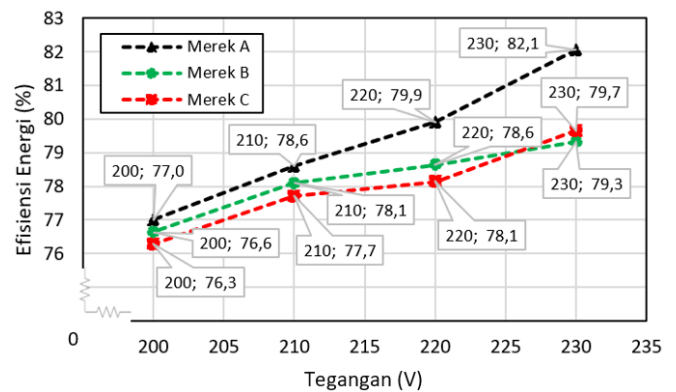
Pada daya operasi 600 W, besarnya efisiensi untuk tegangan 230 V, 220 V, 210 V, dan 200 V berturut-turut adalah 78,4%, 76,7%, 75,6%, dan 74,6%. Perbedaan efisiensi antara tegangan suplai 230 V dan 200 V pada level daya ini mencapai 3,7%. Pada daya operasi 600 W ini, laju perubahan efisiensi yang terjadi mengikuti persamaan

$$\eta(\%) = (0,123 \times \text{tegangan suplai}) + 49,862.$$

Dapat diamati bahwa makin rendah tegangan suplai pada kompor induksi, makin rendah pula efisiensi energi yang dihasilkan. Seperti yang dapat diamati pada Tabel III dan Gambar 8, terjadi penurunan konsumsi daya dengan adanya penurunan tegangan suplai. Akan tetapi, waktu yang dibutuhkan untuk memasak mengalami kenaikan yang cukup besar, sehingga total energi yang dibutuhkan untuk memasak menjadi lebih besar akibat penurunan tegangan ini. Hal tersebut berdampak pada penurunan efisiensi.



Gambar 11. Perbandingan variasi tegangan suplai terhadap efisiensi energi kompor induksi antar merek kompor induksi pada daya 800 W.



Gambar 12. Perbandingan variasi tegangan suplai terhadap efisiensi energi kompor induksi antar merek kompor induksi pada daya 1.000 W.

### E. ANALISIS EFISIENSI ENERGI KOMPOR INDUKSI MEREK D

Gambar 9 menunjukkan pengaruh variasi tegangan suplai terhadap efisiensi energi yang dihasilkan oleh kompor induksi merek D. Pada kompor induksi merek D, hanya terdapat dua level daya operasi, yaitu 800 W dan 600 W. Pada level daya operasi 800 W, besarnya efisiensi untuk tegangan 230 V, 220 V, 210 V, dan 200 V berturut-turut adalah 78,0%, 77,6%, 77,4%, dan 76,8%. Perbedaan efisiensi antara tegangan suplai 230 V dan 200 V mencapai 1,2%. Pada daya operasi 800 W ini, laju perubahan efisiensi yang terjadi mengikuti persamaan

$$\eta(\%) = (0,0376 \times \text{tegangan suplai}) + 69,36.$$

Pada daya operasi 600 W, besarnya efisiensi untuk tegangan 230 V dan 220 V berturut-turut adalah 77,1% dan 75,5%. Pada level daya operasi 600 W ini, variasi tegangan suplai 210 V dan 200 V tidak dapat mengaktifkan kompor induksi. Maka, tidak ada data pengukuran yang didapatkan pada kedua level tegangan tersebut. Perbedaan efisiensi antara tegangan suplai 230 V dan 220 V pada level daya ini mencapai 1,6% atau lebih besar 0,4% dibandingkan pada daya 800 W. Pada daya operasi 600 W, laju perubahan efisiensi yang terjadi mengikuti persamaan

$$\eta(\%) = (0,1622 \times \text{tegangan suplai}) + 39,81.$$

Selanjutnya, sebagaimana dapat diamati pada Tabel III dan Gambar 9, makin rendah tegangan suplai pada kompor induksi, makin rendah pula efisiensi energi yang dihasilkan. Kondisi ini serupa dengan kompor induksi merek B dan merek C, yaitu penurunan tegangan suplai menyebabkan penurunan konsumsi daya. Namun, waktu yang dibutuhkan untuk memasak mengalami kenaikan yang cukup besar, sehingga penurunan tegangan mengakibatkan total energi yang dibutuhkan untuk

memasak menjadi lebih besar. Hal ini berdampak pada penurunan efisiensi pada kompor induksi merek D.

Pada seluruh jenis merek kompor induksi, seluruh hasil pengukuran memiliki kesamaan fenomena, yaitu tingkat efisiensi bertambah dengan bertambahnya tegangan suplai. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 10 sampai Gambar 12, yang menunjukkan perbandingan pada keseluruhan kompor induksi untuk kondisi suplai daya 600 W, 800 W, dan 1.000 W. Mengacu kepada ketiga gambar tersebut, kenaikan tegangan menyebabkan konsumsi daya rata-rata lebih tinggi, tetapi dengan waktu memasak lebih singkat untuk seluruh merek. Hal ini berdampak pada total konsumsi energi untuk memasak menjadi lebih kecil dan tingkat efisiensi energi menjadi lebih baik. Sebagai ilustrasi, pada kompor induksi merek A, pilihan daya operasi 1.000 W, 1.400 W, dan 1.800 W memiliki tingkat perubahan efisiensi energi secara total terhadap variasi tegangan suplai masing-masing sebesar 0,164; 0,183; dan 0,193  $\Delta\eta/V$ .

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diketahui bahwa efisiensi energi kompor induksi dipengaruhi oleh perubahan tegangan suplai dengan besar perubahan mendekati linear. Makin tinggi tegangan suplai, makin tinggi pula efisiensi energi. Kondisi ini terjadi pada semua merek kompor induksi yang digunakan pada penelitian ini, meskipun empat merek kompor yang digunakan memiliki pilihan daya operasi yang berbeda. Pada daya operasi kompor induksi 1.800 W, yaitu pada kompor A, perbedaan tegangan suplai dari 230 V ke 200 V menyebabkan penurunan efisiensi kompor induksi sebesar 5,5%. Perubahan tegangan suplai dari 230 V ke 200 V juga menyebabkan penurunan efisiensi kompor induksi merek A untuk daya operasi 1.400 W dan 1.000 W, berturut-turut sebesar 5,5% dan 5,0%. Penurunan efisiensi juga terjadi untuk daya operasi 800 W dan 600 W untuk seluruh kompor induksi yang digunakan pada penelitian ini. Secara umum, perubahan tegangan suplai dari 230 V ke 200 V menyebabkan penurunan efisiensi untuk seluruh daya operasi kompor induksi antara 1,2% hingga 5,5%, tergantung pada merek kompor dan daya operasi yang digunakan. Dari hasil pengujian juga dapat diketahui bahwa selain dipengaruhi oleh tegangan suplai, efisiensi energi juga dipengaruhi oleh pemilihan daya operasi kompor induksi. Makin tinggi daya operasi kompor, makin tinggi efisiensi yang diperoleh. Efisiensi tertinggi diperoleh untuk daya operasi 1.800 W dengan tegangan suplai 230 V, yaitu sebesar 85,8%, pada kompor merek A, sedangkan efisiensi terendah diperoleh pada daya operasi kompor 600 W dengan tegangan suplai 200 V, yaitu sebesar 74,1%, pada kompor merek B. Dengan kondisi efisiensi kompor induksi yang dipengaruhi oleh besarnya tegangan suplai, diharapkan tegangan suplai dapat dijaga pada batas yang lebih tinggi, sehingga dapat meningkatkan efisiensi energi kompor induksi. Terlebih lagi, di masa depan, kompor induksi diprediksi merupakan salah satu peralatan masak yang dapat menggantikan kompor gas yang populer saat ini karena faktor keuntungan efisiensi energi dan ketahanan energi.

## KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan bahwa tidak ada konflik kepentingan dalam penelitian dan penyusunan makalah ini.

## KONTRIBUSI PENULIS

Konseptualisasi, Budi Sudiarto dan Justinus Dipo Nugroho; metodologi, Justinus Dipo Nugroho; perangkat lunak, Budi Sudiarto dan Justinus Dipo Nugroho; validasi, Budi Sudiarto,

Justinus Dipo Nugroho, dan Faiz Husnayain; analisis formal, Budi Sudiarto, Justinus Dipo Nugroho, dan Agus R. Utomo; investigasi, Budi Sudiarto, Justinus Dipo Nugroho, dan I Made Ardita; sumber daya, Budi Sudiarto, Justinus Dipo Nugroho, Agus R. Utomo, dan I Made Ardita; kurasi data, Budi Sudiarto, Justinus Dipo Nugroho, dan Faiz Husnayain; penulisan—penyusunan draf asli, Justinus Dipo Nugroho; penulisan—peninjauan dan penyuntingan, Budi Sudiarto dan Faiz Husnayain; visualisasi, Budi Sudiarto, Justinus Dipo Nugroho, dan Faiz Husnayain; pengawasan, Budi Sudiarto, Agus R. Utomo, dan I Made Ardita; administrasi proyek, Budi Sudiarto; akuisisi pendanaan, Budi Sudiarto.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Universitas Indonesia yang telah memberikan bantuan pendanaan melalui program PUTI dan Lab Tegangan Tinggi dan Pengukuran Listrik (TTPL) DTE FTUI dalam memfasilitasi pengambilan data penelitian.

## REFERENSI

- [1] "Ketahanan Energi Indonesia," Sekretariat Jendral Dewan Energi Nasional, Jakarta, 2019.
- [2] "Statistik Minyak dan Gas Bumi Semester I 2021," Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta, 2021.
- [3] "Konversi LPG ke Kompor Induksi, Subsidi Energi Jadi Lebih Tepat Sasaran," PT PLN (Persero), Press Release No. 639.PR/STH.00.01/I/2021, Jakarta, 2021.
- [4] "Outlook Energy Indonesia," Sekretariat Jendral Dewan Energi Nasional, Jakarta, 2019.
- [5] "Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) Tahun 2021 hingga Tahun 2030," Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta, 2021.
- [6] International Energy Agency, "World Energy Outlook 2022," *International Energy Agency (IEA)*, Paris, 2022.
- [7] S. Azzahra, H. Azis, M. Sitorus, dan P. Pawenary, "Uji Performa Kompor Induksi dan Kompor Gas terhadap Pemakaian Energi dan Aspek Ekonomisnya," *Energi, Kelistrikan: J. Ilm.*, Vol 12, No. 2, hal. 149–155, Des. 2020, doi: 10.33322/energi.v12i2.1009.
- [8] Ó. Lucía dkk., "Induction Heating Cookers: A Path Towards Decarbonization Using Energy Saving Cookers," *2022 Int. Power Electron. Conf. (IPEC-Himeji 2022-ECCE Asia)*, 2022, hal. 1435–1439, doi: 10.23919/IPEC-Himeji2022-ECCE53331.2022.9807062.
- [9] W.D. Kerr, D.M. Laverty, dan R.J. Best, "Assessment of the Potential of Electrical Heating to Provide Decarbonization," *2016 51st Int. Univ. Power Eng. Conf. (UPEC)*, 2016, hal. 1–6, doi: 10.1109/UPEC.2016.8114084.
- [10] F. Husnayain, A. Budiyo, F.H. Jufri, dan I.M. Ardita, "Technical Study of Modified Genset Using Natural Gas with Different Inlet Pressure," *J. Nas. Tek. Elekt., Teknol. Inf.*, Vol. 9, No. 3, hal. 319–325, Agu. 2020, doi: 10.22146/v9i3.393.
- [11] M. Ozturk, S. Aslan, N. Altintas, dan S. Sinirlioglu, "Comparison of Induction Cooker Power Converters," *2018 6th Int. Conf. Control Eng., Inf. Technol. (CEIT)*, 2018, hal. 1–6, doi: 10.1109/CEIT.2018.8751920.
- [12] O. Lucía, P. Maussion, E.J. Dede, dan J.M. Burdio, "Induction Heating Technology and Its Applications: Past Developments Current Technology and Future Challenges," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, Vol. 61, No. 5, hal. 2509–2520, Mei 2014, doi: 10.1109/TIE.2013.2281162.
- [13] T. Kimmer, J. Oehmen, P. Tuerkes, dan S. Voss, "Reverse Conducting IGBT - A New Technology to Increase the Energy Efficiency of Induction Cookers," *2008 IEEE Power Electron. Spec. Conf.*, 2008, hal. 2284–2287, doi: 10.1109/PESC.2008.4592281.
- [14] H. Sarnago, O. Lucia, dan J.M. Burdio, "A Comparative Evaluation of SiC Power Devices for High Performance Domestic Induction Heating," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, Vol. 62, No. 8, hal. 4795–4804, Agu. 2015, doi: 10.1109/TIE.2015.2405057.
- [15] C.C. Lee dan L.L. Hon, "Critical Study on the Relationship between Power Conversion Technique and Energy Efficiency on Induction Cooker," *2017 IEEE Int. Symp. Prod. Saf., Compliance Eng. - Taiwan (ISPCE-TW)*, 2017, hal. 1–2, doi: 10.1109/ISPCE-TW.2017.8626823.



- [16] Y. Kawaguchi dkk., "A Comparison of Operation Mode for Soft-Switching PFC Converter for Induction Heating Cooking Appliance," *2009 35<sup>th</sup> Annu. Conf. IEEE Ind. Electron.*, 2009, hal. 13–18, doi: 10.1109/IECON.2009.5414802.
- [17] N.G. Özçelik, U.E. Doğru, dan L.T. Ergene, "Comparison Study of Drive Motors for Cooker Hood Applications," *2014 16th Int. Power Electro., Motion Control Conf., Expo.*, 2014, hal. 1252–1258, doi: 10.1109/EPEPEMC.2014.6980684.
- [18] Z. Li dkk., "A Mutual-Inductance-Based Impedance Model of Induction Cooker for Efficiency Improvement," *2019 22nd Int. Conf. Electr. Machines, Syst. (ICEMS)*, 2019, hal. 1–5, doi: 10.1109/ICEMS.2019.8922301.
- [19] J.-K. Kim, S.-G. Kim, W.-H. Oh, dan S.-M. Park, "Modeling and Analysis of Power Device Losses for Induction Cooker Applications," *2018 21st Int. Conf. Electr. Machines, Syst. (ICEMS)*, 2018, hal. 780–783, doi: 10.23919/ICEMS.2018.8549433.
- [20] R.P. Wojda dan M.K. Kazimierczuk, "Analytical Optimization of Solid-Round-Wire Windings," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, Vol. 60, No. 3, hal. 1033–1041, Mar. 2013, doi: 10.1109/TIE.2012.2189543.
- [21] K.K. Wong dan N.K. Fong, "Experimental Study of Induction Cooker Fire Hazard," *Procedia Eng.*, Vol. 52, 2013, hal. 13–22, 2013, doi: 10.1016/j.proeng.2013.02.098.
- [22] M. Humza dan B. Kim, "Analysis and Optimal Design of Induction Heating Cookers," *J. Elect. Eng., Technol.*, Vol. 11, No. 5, hal. 1282–1288, Sep. 2016, doi: 10.5370/JEET.2016.11.5.1282.
- [23] B. Sudiarto, "The Properties and Behavior of Disturbances in the Frequency Range 9 kHz to 150 kHz Produced by Household Appliances in a Residential Network Environment," Disertasi, University of Duisburg-Essen, Essen, Jerman, 2017.
- [24] F. Husnayain, F. Tamim, dan B. Sudiarto, "Disturbance Characteristics of Induction Cooker on a Grid-Connected Photovoltaic System in Frequency Range of 9-150 kHz," *J. Nas. Tek. Elekt.*, Vol. 9, No. 2, pp. 116–123, Jul. 2020, doi: 10.25077/jnte.v9n2.762.2020.
- [25] B. Sudiarto, F. Faizal, F. Husnayain, dan H. Hirsch, "Disturbance Profiles of Household Appliances on Photovoltaic System in Frequency Range of 9-150 kHz," *Int. Review Electr. Eng. (IREE)*, Vol. 16, No. 5, hal. 428–436, 2021, doi: 10.15866/iree.v16i5.20275.
- [26] S.M. Wentworth, *Fundamentals of Electromagnetics with Engineering Applications*, 1st ed. Hoboken, AS: Wiley, 2006.