

PENGARUH PERBAIKAN FAKTOR DAYA PADA KINERJA KOMPOR INDUKSI

Lukman Subekti¹⁾, Ma'un Budiyanto²⁾

^{1,2)} Program Diploma Teknik Elektro Sekolah Vokasi UGM
Jl. Yacaranda Sekip Unit IV Komplek UGM Yogyakarta 55281
e-mail : lukmansubekti@yahoo.com

Abstrak

Kompore induksi bekerja dengan pemanfaatan arus eddy pada objek kerja dalam lingkup kumparan induktif yang dicatu arus bolak-balik dengan frekuensi tinggi. Kinerja kompor induksi sangat dipengaruhi oleh besarnya nilai induktif untuk menghasilkan medan elektromagnetik. Besarnya medan elektromagnetik akan menyerap daya reaktif pada jala-jala suplai tenaga listrik yang pada akhirnya akan menurunkan faktor dayanya.

Pada penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh perbaikan faktor daya terhadap kinerja kompor induksi. Penelitian ini dilakukan dengan cara menambah beberapa kapasitor pada saluran masuk ke kompor induksi.

Dari hasil pengukuran maupun perhitungan menunjukkan bahwa untuk kompor merk A kenaikan faktor daya dari 0.8 sampai dengan 0.97 justru memperlama pendidihan 1 liter air, yakni dari 412 detik sampai dengan 440 detik. Di lain pihak yang terjadi pada kompor merk B, kenaikan faktor daya dari 0.89 sampai dengan 0.985 akan mempersingkat waktu, yakni dari 279 detik sampai dengan 254 detik.

Kata Kunci : Faktor daya, Kinerja, Kompor induksi

1. PENDAHULUAN

Kompore yang diteliti disebut dengan kompor induksi karena untuk memasak melalui proses pemanasan induksi. Tidak seperti jenis lain yang menggunakan kumparan nikelin atau bahan bakar gas, pada kompor induksi panas yang dihasilkan langsung pada panci atau wajan. Untuk itu alat masak seperti panci atau wajan harus terbuat dari bahan logam feromagnetik.

Pada kompor induksi, sebuah kumparan kawat tembaga ditempatkan di bawah panci. Arus listrik bolak-balik dialirkan melalui kumparan tersebut, sehingga menimbulkan medan magnet yang juga bolak-balik atau fluks magnet. Fluks magnet akan menginduksi ke alat masak yang terletak di atasnya. Pada alat masak yang terbuat dari bahan logam feromagnetik akan timbul arus pusar atau sering disebut arus eddy yang akhirnya dapat memanaskan masakan.

Karena kompor induksi memanaskan alat masak sendiri dan tidak menimbulkan api, maka lebih aman terhadap kecelakaan luka bakar maupun bahaya kebakaran. Kompor induksi juga tidak menimbulkan panas udara di sekitarnya, sehingga hampir tidak ada panas yang terbuang, tidak seperti kompor listrik konvensional.[1]

Permasalahan

Panas yang ditimbulkan oleh kompor induksi semata-mata berasal dari kumparan yang menghasilkan medan elektromagnetik. Medan elektromagnetik yang ditimbulkannya akan menyerap daya reaktif induktif sehingga akan menurunkan faktor daya. Di lain pihak kapasitor adalah salah satu komponen elektronis yang dapat menghasilkan elektrostatis. Elektrostatis dapat mengkompensasi elektromagnetik, karena kapasitif berlawanan dengan sifat kumparan yang induktif.

Sekalipun ada beberapa kekurangan, tetapi kompor induksi jauh lebih menguntungkan bila dibandingkan dengan kompor listrik (*hot plate*) maupun kompor gas. Salah satu kekurangan kompor induksi bila ditinjau dari sisi penyedia daya misalnya Perusahaan Listrik Negara (PLN), bahwa kompor induksi menyerap daya reaktif yang mana daya tersebut umumnya tidak terpantau oleh alat ukur energi listrik.

Bila masyarakat berbondong-bondong beralih dari kompor gas ke kompor induksi, maka secara sistem dalam distribusi tenaga listrik akan menimbulkan permasalahan, yakni menurunkan kualitas daya. Rendahnya kualitas daya listrik tersebut diakibatkan oleh faktor daya yang rendah. Faktor daya yang terlalu rendah dapat menurunkan tegangan listrik pada terminal beban yang selanjutnya dapat memperbesar rugi-rugi daya. Bila hal tersebut terjadi secara masal, maka PLN juga akan mengalami kerugian, karena daya yang dibangkitkan tidak sebanding dengan daya yang dibayar oleh pelanggan. Di lain pihak jika masing-masing unit kompor induksi ditingkatkan faktor dayanya kemungkinan dapat mempengaruhi kinerjanya.

Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauhmana pengaruh perbaikan faktor daya terhadap kecepatan pemanasan dan konsumsi daya listrik pada kompor induksi.

Manfaat

Faktor daya yang terlalu rendah dapat menurunkan tegangan listrik pada jala-jala yang selanjutnya dapat memperbesar rugi-rugi daya. Bila hal tersebut terjadi secara masal, maka Perusahaan Listrik Negara (PLN) juga akan dirugikan, karena daya yang dibayarkan oleh pelanggan tidak sebanding dengan daya yang dibangkitkan. Untuk itu perlu dicari upaya demi terwujudnya penggunaan daya listrik yang lebih efektif dan efisien.

Bagi ilmu pengetahuan, dapat digunakan sebagai tambahan pertimbangan perlu atau tidaknya pemasangan kapasitor pada terminal masukan ke kompor induksi agar supaya tidak ada pihak-pihak yang dirugikan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Departemen Energi AS, efisiensi transfer energi untuk kompor induksi adalah sebesar 84% sedangkan pada kompor listrik bukan induksi sebesar 71%, sehingga ada penghematan sekitar 13 % dalam proses pemindahan panas (Greg Sorensen, 2009). [1]

Persyaratan kapasitor yang digunakan dalam pemanas induksi daya tinggi perlu diperhatikan setiap jenis kapasitornya. Kapasitor bank yang digunakan dalam rangkaian tanki pemanas induksi harus dapat membawa arus penuh yang mengalir dalam kumparan dan dapat bekerja untuk waktu yang lama.[5]

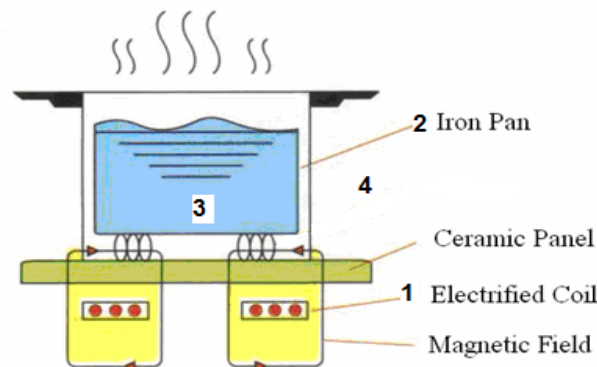
Faktor daya adalah perbandingan antara daya nyata (*real power*) dengan daya semu. (Turner, 1997).[4]

Dasar Teori

A. Komponen Kompor Induksi

Secara teori kompor induksi terdiri atas 3 komponen.

- Catu daya listrik dengan frekuensi tinggi
- Kumparan induktif
- Benda kerja dari bahan feromagnetik



Gambar 1. Skema Kerja Kompor Induksi (Robin Chen, 2011). [2]

Kumparan (1) dialiri arus listrik dengan frekuensi tinggi sehingga menghasilkan medan magnetik. Medan magnet yang menembus bejana masakan yang terbuat dari bahan besi akan menimbulkan arus pusar atau arus eddy yang membangkitkan panas pada bejana (2). Panas tambahan pada bejana juga diakibatkan oleh jerat histeresis dari bahan feromagnetik yang memiliki permeabilitas rendah. Panas pada bejana akan merambat ke masakan (3). Di luar medan magnet (4) tidak ada panas yang ditimbulkannya (Tudbury,1960).[3]

B. Keuntungan kompor induksi

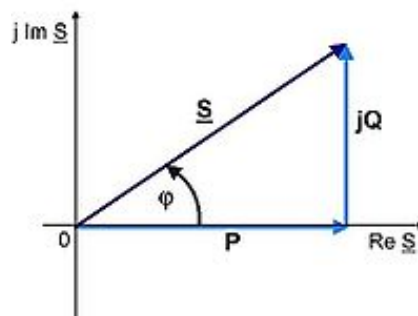
- a. Lebih aman karena tidak mengeluarkan api.
- b. Hanya memanaskan alat masak yang ditempelkan pada elemen induksi.
- c. Dalam kompor induksi tidak membangkitkan panas.
- d. Proses pemanasan yang relatif lebih cepat.
- e. Lebih mudah dibersihkan, karena pada umumnya permukaan kompor dibuat datar dan halus.

C. Kekurangan kompor induksi

- a. Karena panas dihasilkan melalui induksi, maka peralatan masak yang digunakan haruslah terbuat dari bahan feromagnetik.
- b. Ukuran alat masak harus menyesuaikan ukuran elemen kompor dengan dudukan datar.
- c. Di dalamnya terdapat perangkat elektronik yang rentan terhadap panas berlebih.

D. Faktor Daya

Dalam rangkaian tenaga listrik arus bolak-balik dikenal dengan segi tiga daya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Fasor Segi Tiga Daya [4]

Dalam diagram fasor segi tiga daya, P adalah daya nyata, Q adalah daya reaktif, S adalah daya kompleks dan panjangnya S merupakan besarnya daya semu. Satuan dari daya nyata adalah watt (W), satuan dari daya reaktif diekspresikan sebagai volt ampere reaktif (Var). Besarnya daya semu (*apparent power*) secara konvensional diekspresikan dalam volt-ampere (VA), yakni hasil perkalian dari nilai akar rerata kuadrat (RMS) dari tegangan dan arus RMS. Daya semu juga sering disebut dengan daya kompleks, yakni penjumlahan vektor dari daya nyata (*real power*) dan daya reaktif (*reactive power*). Daya reaktif tidak dapat memindahkan energi, sehingga direpresentasikan sebagai sumbu imajiner dalam diagram vektor.

Jika sumber listrik arus bolak-balik dari PLN mencatu rangkaian listrik dengan beban linier, maka arus dan tegangan keduanya berupa gelombang sinusoidal. Bilamana bebannya resistif murni, arus akan sefase dengan tegangan atau sudut $\phi = 0$. Dalam kondisi seperti itu dikatakan faktor dayanya = 1, artinya daya yang mengalir hanyalah daya nyata.

Jika bebannya berupa reaktif murni, misalnya induktor maka arus berbeda fase terhadap tegangannya atau sudut $\phi = 90^\circ$. Dalam kondisi ini dikatakan faktor dayanya mengikut. Artinya daya yang mengalir hanyalah daya reaktif induktif,

Secara praktis beban-beban listrik memiliki resistans, induktans dan atau kapasitans, keduanya daya nyata dan daya reaktif akan mengalir ke beban. Daya semu tidak selalu dapat digunakan seluruhnya untuk bekerja, karenanya dalam perhitungan memerlukan faktor daya. Faktor daya adalah perbandingan antara daya nyata terhadap daya semu.

$$\text{Faktor daya} = \cos\phi = \frac{P}{S} \dots \dots \dots (1)$$

Jika sebuah kapasitor dan sebuah induktor dirangkaikan secara paralel kemudian arus mengalir melewati keduanya, maka kapasitor akan membangkitkan daya reaktif dan induktor akan mengkonsumsinya. Inilah yang menjadi dasar untuk memperbaiki faktor daya pada jaringan listrik dengan menyisipkan kapasitor atau induktor untuk pengurangi daya reaktif yang dikonsumsi oleh beban.

3. METODE PENELITIAN

A. Bahan

- Kompor induksi dengan Merk A: 1600 W.
- Kompor induksi dengan Merk B: 1500 W.
- Kapasitor variabel dengan kapasitas 3 x 275 VAR.

B. Alat

Alat ukur yang digunakan pada penelitian ini adalah alat ukur yang dapat mengukur besaran listrik pada nilai-nilai *true RMS*, yakni : Volt meter, Ampere meter, Watt meter, Power Factor meter, μ F- meter, Termometer, dan Stop-watch.

C. Jalan Penelitian

1. Hubungkan kompor induksi pada sumber arus bolak-balik sesuai rating tegangannya.
2. Tuangkan 1 liter air bersih kedalam bejana yang terbuat dari bahan feromagnetik .
3. Tumpangkan bejana yang telah terisi air di atas kompor induksi.
4. Hidupkan kompor dengan setelan (*setting*) daya tertentu.
5. Ukur arus, daya, faktor daya, dan kecepatan pemanasannya.
6. Ulangi langkah 1 sampai dengan 5 dengan penambahan kapasitor untuk memperoleh faktor daya yang berbeda.

D. Hasil Analisis

Faktor daya yang tinggi akan memperlama proses pemanasan, sehingga akan memperbesar konsumsi daya listrik.

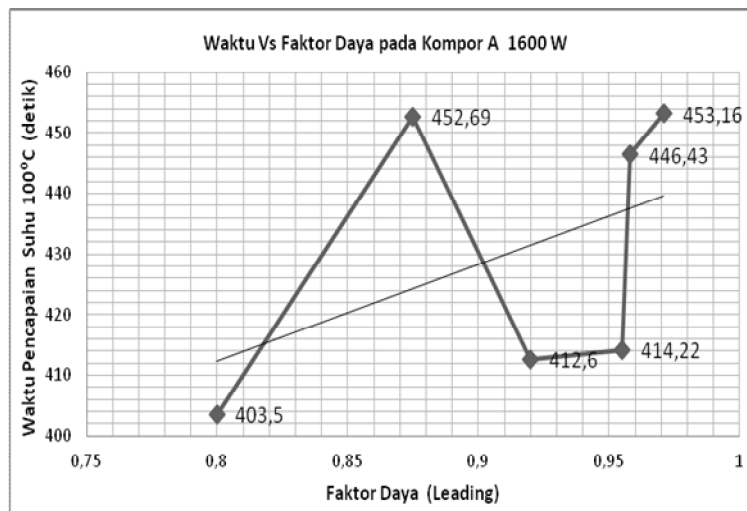
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Hasil Pengujian Penambahan Kapasitor pada Kompor A (1600W)

No	Kapasitor	Volt	Amp	Daya inp (W)	PF (Lead)	Waktu (detik)
1	25.02 μ F	221	4.8767	862.201	0.8	403.5
2	34.58 μ F	220	4.8438	932.431	0.875	452.69
3	26.93 μ F	219	4.9122	989.710	0.92	412.6
4	17.15 μ F	220	4.895	1028.44	0.955	414.22
5	17.15 μ F	217.6	4.907	1022.92	0.958	446.43
6	12.8 μ F	218.5	4.88	1035.36	0.971	453.16
7	Tanpa tambahan	218	4.958	1096	0.98 (Lagging)	391,97

Pada Tabel 1 merupakan hasil pengujian kompor induksi merk A dengan daya nominal 1600 W untuk mendidihkan 1 liter air. Kapasitor dipasang paralel terhadap terminal kompor induksi. Data yang tercantum dalam tabel tersebut adalah hasil rerata dari 10 sampai dengan 16 kali pengukuran.

Besaran-besaran listrik yang terukur tidak stabil karena inverter pembangkit frekuensinya juga tidak stabil, karenanya alat ukur yang digunakan harus memiliki nilai *true RMS* (root mean square). Daya input yang tercantum merupakan hasil perhitungan dari perkalian tegangan, arus, dan faktor dayanya.

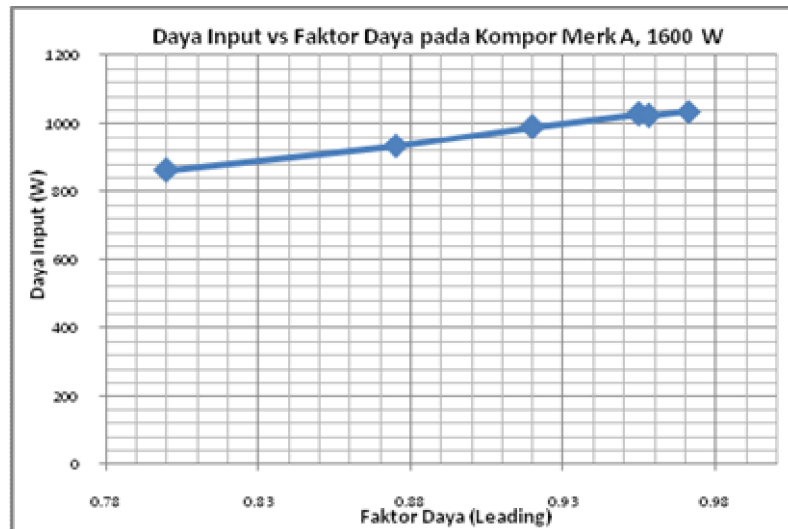


Gambar 3. Waktu sebagai Fungsi Faktor Daya pada Kompor Induksi Merk A

Dari hasil pengujian yang ditampilkan pada Gambar 3 menunjukkan bahwa apabila kompor induksi tersebut faktor dayanya tinggi (mendekati nilai 1), maka waktu yang digunakan untuk mendidihkan air dalam panci feromagnetik justru akan lebih lama. Hal ini dapat difahami, karena komponen utama dari kompor induksi adalah kumparan induktor yang bersifat induktif. Arus yang mengalir dalam kumparan induktif akan mengikut (*lagging*) terhadap tegangannya. Di lain pihak komponen kapasitor dalam rangkaian listrik arus bolak-balik akan menghasilkan arus yang bersifat kapasitif dan mendahului (*leading*) terhadap tegangan. Artinya bila dalam

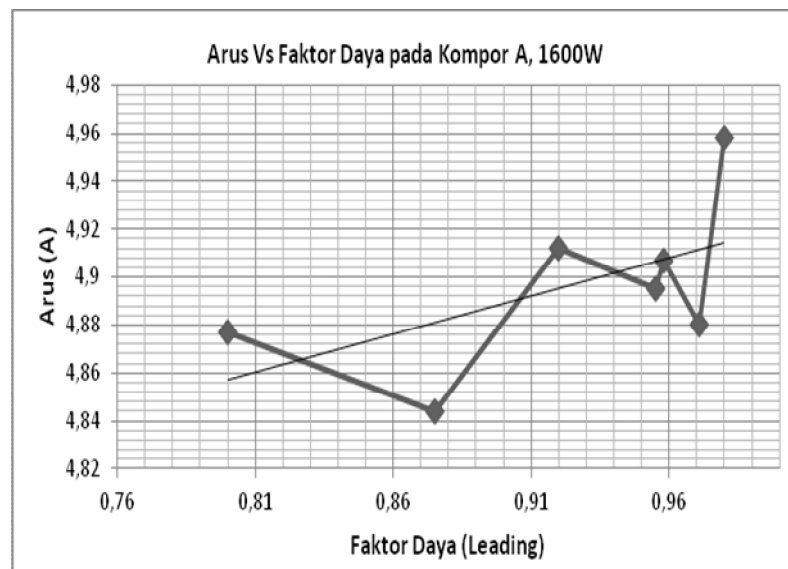
rangkaian listrik faktor dayanya terlalu rendah (misalnya arus mengikut tegangan), keadaan tersebut dapat dikompensasi dengan pemasangan kapasitor yang arusnya mendahului.

Dari kasus di atas sangat dimungkinkan bahwa faktor daya yang tinggi akan mengurangi sifat induktifitas kumparan induksi, sehingga untuk mendidihkan air justru akan memerlukan waktu yang lebih lama. Kenaikan faktor daya dari 0.8 sampai dengan 0.97 (*leading*) akan memperlama pemanasan 1 liter air dari 412 detik menjadi 440 detik. Sebenarnya kompor induksi merk A ini dari pabrik sudah dikompensasi, walaupun tanpa kapasitor tambahan faktor dayanya sudah 0,98 (*lagging*) dan waktu pemanasanpun lebih cepat.



Gambar 4. Daya Masukan sebagai Fungsi dari Faktor Daya pada Kompor Induksi Merk A

Pada Gambar 4 menunjukkan bahwa daya masukan lebih besar pada faktor daya yang lebih tinggi. Kenaikan faktor daya dari 0.8 sampai dengan 0.97 akan menaikkan daya masukan dari 862,2 W sampai dengan 1035,36 W. Hal itu dikarenakan bahwa kompor induksi dengan merk A tersebut telah dilengkapi dengan kompensator berupa kapasitor, sehingga penambahan kapasitor justru akan memperkecil faktor daya menuju *leading*. Dari hasil pengujian tersebut mengindikasikan bahwa faktor daya yang makin tinggi akan menambah daya masukan ke kompor, walaupun demikian daya masuk masih lebih rendah dari pada jika tidak ada penambahan kapasitor.



Gambar 5. Arus sebagai Fungsi dari Faktor Daya pada Kompor Induksi Merk A

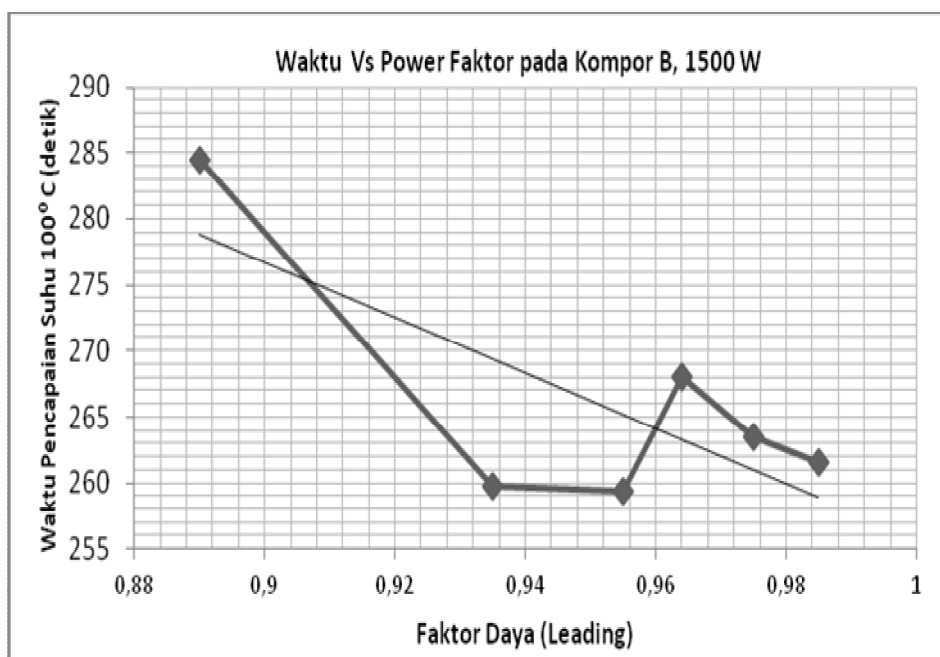
Tampak dari Gambar 5 dengan pendekatan linear menunjukkan bahwa arus listrik semakin naik saat faktor dayanya naik. Hal ini dapat difahami, karena konsumsi dayanya juga naik.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kompor Induksi Merk B dengan Daya nominal 1500 W

No.	Kapasitor	Volt	Amp	Daya Inp (W)	PF (Lead)	Waktu (detik)
1	12.8 μ F	216.9	7.301	1559.833	0.985	261.6
2	26.92 μ F	213.4	7.473	1554.87	0.975	263.5
3	25.01 μ F	214	7.53	1553.409	0.964	268
4	26.93 μ F	218.8	7.406	1547.513	0.955	259.4
5	34.58 μ F	219	7.422	1519.766	0.935	259.7
6	25.02 μ F	218.6	7.466	1452.54	0.89	284.4

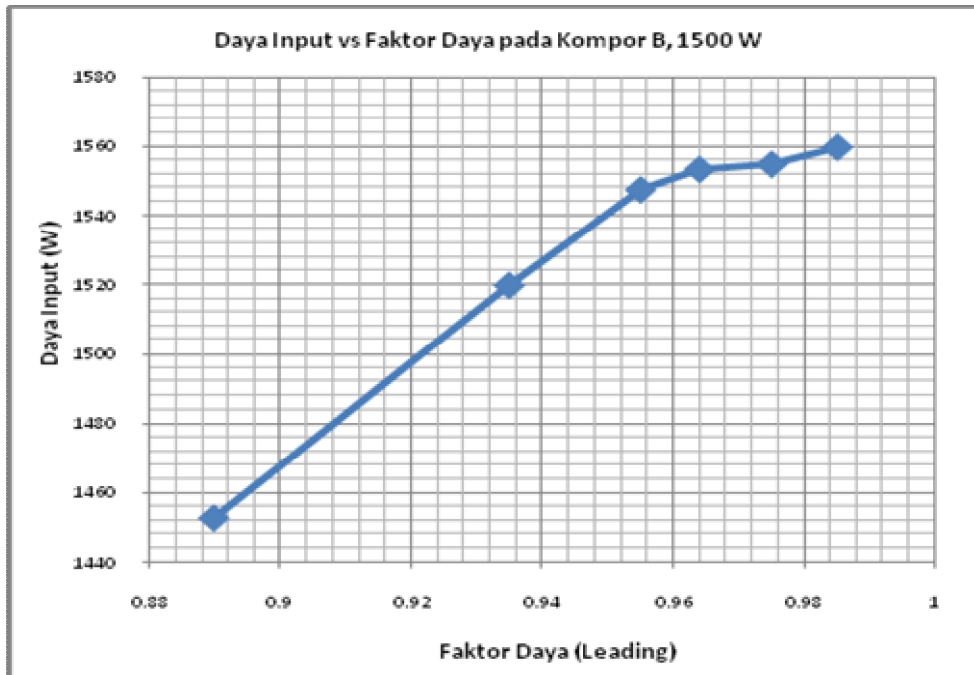
Pada Tabel 2 merupakan hasil pengujian kompor induksi merk B dengan daya nominal 1500 W untuk mendidihkan 1 liter air. Daya *input* merupakan hasil perhitungan dari perkalian tegangan, arus dan faktor dayanya. Besaran-besaran listrik yang terukur tidak stabil karena inverter pembangkit frekuensinya juga tidak stabil. Disamping itu pada kompor merk B ini dilengkapi dengan pensaklaran untuk pembatas arus, sehingga arus listrik mengalir tidak kontinyu.

Data pada Tabel 2 diambil pada saat arus yang mengalir mencapai nilai tertinggi dan merupakan nilai hasil rerata dari 7 sampai dengan 10 pengukuran.



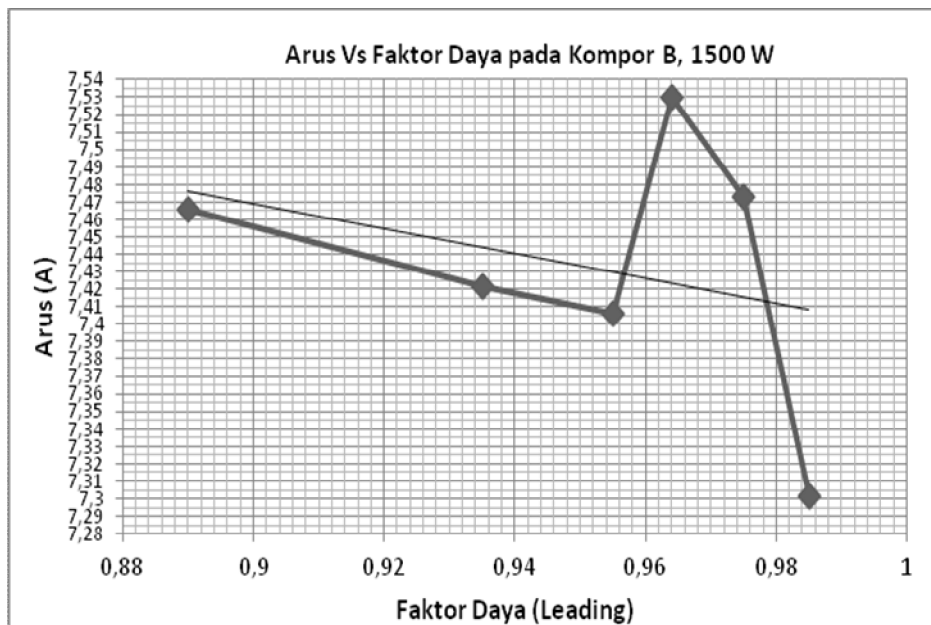
Gambar 6. Kurva Waktu sebagai Fungsi dari Faktor Daya pada Kompor Induksi Merk B

Dari hasil pengujian yang ditampilkan pada Gambar 6 menunjukkan bahwa apabila kompor induksi tersebut faktor dayanya mendekati nilai 1, maka waktu yang digunakan untuk mendidihkan air dalam panci feromagnetik akan membutuhkan waktu lebih cepat. Pada kompor induksi merk B ini sudah dilengkapi dengan kompensator yang komponen utamanya berupa kapasitor yang cukup untuk memperbaiki faktor daya. Artinya pada saat penambahan kapasitor dalam pengujian ini justru akan menurunkan faktor daya total karena bersifat *leading* (mendahului). Sehingga saat perubahan kapasitor pada rangkaian akan membangkitkan daya reaktif yang tinggi. Kenaikan faktor daya dari 0.89 sampai dengan 0.985 akan mempercepat proses pendidihan air dari 279 detik sampai dengan 254 detik.



Gambar 7. Kurva Daya Input sebagai Fungsi Faktor Daya pada kompor Induksi Merk B

Tampak dari Gambar 7 hasil pengujian menunjukkan bahwa kenaikan faktor daya akan menyerap daya masukan yang makin tinggi. Hal itu dikarenakan bahwa kompor induksi dengan merk B tersebut telah dilengkapi dengan kompensator berupa kapasitor, sehingga penambahan kapasitor justru akan memperkecil faktor daya menuju *leading*. Dari hasil pengujian tersebut mengindikasikan bahwa faktor daya yang makin tinggi akan menambah daya masukan ke kompor. Kenaikan faktor daya dari 0.89 sampai dengan 0.985 akan menaikkan daya masukan dari 1452,54 W sampai dengan 1559,8 W, sehingga pemanasan lebih cepat.



Gambar 8. Kurva Arus sebagai Fungsi Faktor Daya pada Kompor Induksi Merk B

Pada Gambar 8 memperlihatkan bahwa dengan kenaikan faktor daya dari 0.89 sampai dengan 0.985 justru akan memperkecil arus dari 7.475 A sampai dengan 7.3 A.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dengan pendekatan linieritas kurva hasil pengujian, maka ditarik beberapa kesimpulan.

1. Pada kompor merk A, kenaikan faktor daya dari 0.8 sampai dengan 0.97 (*lead*) justru memperlama waktu pendidihan 1 liter air dari 412 detik sampai dengan 440 detik.
2. Kenaikan faktor daya dari 0.8 sampai dengan 0.97 (*lead*) menaikkan daya masukan dari 862,2W sampai dengan 1035,3 W.
3. Untuk kompor induksi merk B, kenaikan faktor daya dari 0.89 sampai dengan 0.985 akan mempersingkat waktu pendidihan 1 liter air dari 279 detik sampai dengan 254 detik, tetapi menaikkan daya masukan dari 1452,54 W sampai dengan 1559,8 W.

B. Saran

1. Penggunaan panci pemasak harus terbuat dari bahan feromagnetik.
2. Alat ukur listrik harus dipilih yang mampu membaca nilai *true RMS*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Greg Sorensen, David Zabrowski, 2009, *Improving Range-Top Efficiency with Specialized Vessels*, Appliance Magazine. August 2009.
- [2]. Robin Chen, Jemmy Huang, Vincent Cai, 2011, *AN50475 – Induction Cooker Design with CapSense*, Cypress Semiconductor Corp., San Jose, CA 95134-1709.
- [3]. Tudbury, C.A., 1960, *Basics of Induction Heating*, John F. Rider, Inc., New Rochelle, NY.
- [4]. Turner, W.C., 1997, *Energy Management Handbook, Third Edition*. Lilburn, Ga.: Fairmont Press, Inc. Chapter 11, pp. 271-295.
- [5] <http://www.ameritherm.com/aboutinduction.php>, *Induction Heating Fundament*. Retrieved 2011-09-14