

KOMPOR INDUKSI UNTUK PENGHANGAT MPASI MENGGUNAKAN KONTROL LOGIKA FUZZY

Aswin Wafi Kurniawan, Hendik Eko Hadi Suharyanto, Luki Septya Mahendra,
Yahya Chusna Arif, Putu Agus Mahadi Putra dan Lucky Pradigta Setiya Raharja

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
Jl. Raya ITS, Keputih, Kec. Sukolilo, Surabaya 60111, Indonesia

**E-mail: aswinkurniawan45@gmail.com*

Abstrak

Penting bagi seorang bayi untuk mengonsumsi Makanan Pendamping Air Susu Ibu (MPASI) pada kondisi yang tepat terutama pada suhu makanannya. Mengonsumsi MPASI dalam kondisi hangat dapat membantu sistem kerja pencernaan bayi dan penyerapan nutrisi yang lebih optimal, serta mampu meningkatkan nafsu makan bayi dan memberikan pengalaman makanan yang positif untuk bayi. Kompor induksi sudah banyak digunakan, tetapi sistem kerjanya tanpa menggunakan kontrol sehingga tidak dapat menjaga suhu makanan ketika makanan tersebut sudah mencapai *setpoint* suhunya. Sehingga, diperlukan kompor induksi yang mampu mempertahankan *setpoint* suhu berdasarkan jenis MPASInya yaitu 50-70°C. Sistem ini dirancang menggunakan input tegangan 220 VAC yang kemudian diturunkan menjadi 36 VAC menggunakan transformator dengan tujuan agar arus pada sistem yang nantinya masuk ke inverter tidak terlalu besar. Terdapat lilitan induktor pada rangkaian resonansi seri yang menghasilkan medan listrik dengan frekuensi resonansi 40kHz dan menginduksi logam sehingga menghasilkan panas pada logam. *Fuzzy Logic Controller* (FLC) digunakan untuk mengontrol kecepatan dan mempertahankan *setpoint* suhu MPASI serta mengontrol kerja atau performa dari kompor induksi apabila terjadi gangguan *undervoltage*. FLC bekerja menyesuaikan nilai tegangan dan suhu, sehingga output yang dihasilkan adalah perubahan frekuensi *switching*. Rate kenaikan suhu yang dihasilkan pada masing-masing frekuensi *switching* adalah 2.92 °C/menit pada frekuensi 50kHz, 2.287 °C/menit pada frekuensi 55k, 2.12 °C/menit pada frekuensi 60k, 1.907 °C/menit pada frekuensi 65kHz, 1.787 °C/menit pada frekuensi 70kHz, 1.57 °C/menit pada frekuensi 75kHz, dan 1.37 °C/menit pada frekuensi 80kHz.

Kata kunci: kompor induksi, kontrol logika fuzzy, MPASI

Abstract

Important for a baby to consume complementary food in the right conditions, especially the temperature of the food. Eating complementary food in warm conditions can help the baby's digestive system and absorption of nutrients more optimally, as well as being able to increase the baby's appetite and provide a positive food experience for the baby. Induction heater have been widely used, but the system works without using controls so that it cannot maintain food temperature when the food has reached its temperature setpoint. Thus, an induction heater is needed that is able to maintain the temperature setpoint 50-70°C based on the type of complementary food. This system is designed using a 220 VAC input voltage which is then reduced to 36 VAC using a transformer with the aim that the current in the system which will enter the inverter is not too large. There is an inductor winding in the series resonance circuit that produces an electric field with a resonant frequency of 40kHz and induces metal to produce heat in the metal. Fuzzy Logic Controller (FLC) is used to control the speed and maintain the MPASI temperature setpoint and control the work or performance of the induction cooker in the event of an undervoltage disturbance. FLC works to adjust the voltage and temperature values, so that the resulting output is a change in switching frequency. The resulting temperature rise rate at each switching frequency is 2.92°C/min at 50kHz, 2.287°C/min at 55kHz, 2.12°C/min at 60kHz, 1.907°C/min at 65kHz, 1.787°C/min at 70kHz, 1.57°C/min at 75kHz, and 1.37°C/min at 80kHz.

Keywords: induction heater, fuzzy logic controller, complementary food

1. Pendahuluan

Seorang bayi penting dalam mengonsumsi MPASI (Makanan Pendamping Air Susu Ibu) pada kondisi yang konstan dan stabil terhadap suhu di lingkungan sekitar

yang sangat bervariasi dengan tujuan nutrisi bayi dapat terjaga dan terpenuhi dengan baik. [1] Selain itu, MPASI yang hangat lebih mudah dicerna oleh bayi. Suhu hangat pada MPASI membantu enzim pencernaan bekerja lebih efisien, yang mendukung proses pencernaan yang lebih

baik dan penyerapan nutrisi yang optimal. MPASI yang disajikan dengan suhu yang hangat juga dapat meningkatkan selera makan dan memberikan pengalaman makan yang positif atau secara tidak langsung mampu mendorong kebiasaan makan yang sehat dan memperkuat hubungan bayi dengan makana .

Kompore induksi sebenarnya sudah banyak digunakan di lingkungan rumah tangga sebagai pemanas minuman dan makanan, termasuk untuk memanaskan MPASI. Sedangkan kompor induksi yang dirancang ini lebih berfokus pada penghangat MPASI atau daya yang dihasilkan oleh sistem lebih kecil dibandingkan kompor induksi yang berdaya tinggi pada umumnya. Kompor ini juga dirancang mampu bekerja mempertahankan suhu MPASI pada *setpoint*-nya dengan tujuan agar suhu MPASI yang dihangatkan dapat terjaga semaksimal mungkin menyesuaikan dengan jenis MPASI yang dihangatkan.

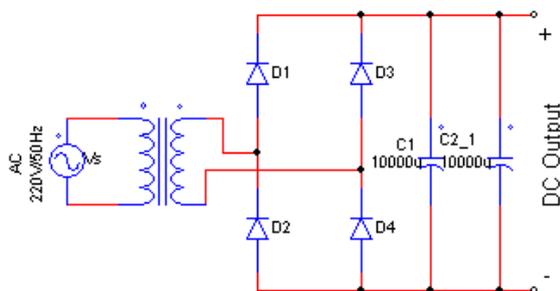
Berdasarkan masalah tersebut, penulis menggunakan *single phase full bridge inverter resonant series* sebagai suplai frekuensi tinggi serta *full bridge rectifier* sebagai suplai inverter. Beberapa penelitian yang telah dijalankan topologi yang digunakan adalah *full bridge inverter*. [3][4][5] Pengaturan panas pada kompor induksi dilakukan dengan mengatur frekuensi *switching* pada inverter melalui mikrokontroler. Kecepatan dalam mencapai set point suhu dikontrol menggunakan *Fuzzy Logic Controller* (FLC). Selain itu, kontrol logika fuzzy juga dapat mengontrol kerja atau performa dari kompor induksi yang sama baiknya apabila terjadi gangguan undervoltage.

2. Metode

2.1. Perancangan Rangkaian Daya

2.1.1. Full Bridge Rectifier

Rangkaian *full bridge rectifier* atau penyearah gelombang penuh digunakan untuk menyearahkan tegangan AC dari input menjadi tegangan DC yang digunakan untuk suplai pada inverter *full bridge* resonansi seri.



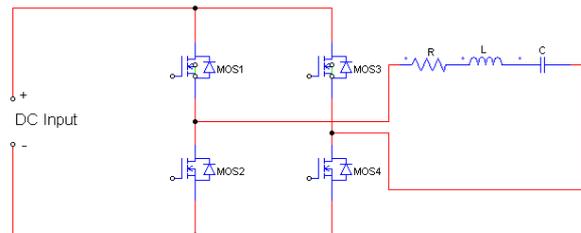
Gambar 1. Rangkaian Full Bridge Rectifier

Tegangan input menggunakan tegangan jala-jala 220 VAC yang kemudian diturunkan menggunakan trafo setp down menjadi 36 VAC. Tegangan 36 VAC disearahkan oleh

rangkaian ini menjadi 50.91 VDC dan digunakan kapasitor sebagai filter gelombang hasil keluaran.

2.1.2. Inverter Full Bridge Resonansi Seri

Perancangan rangkaian inverter full bridge resonansi seri dibutuhkan rangkaian resonansi seri dan 4 buah *Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor* (MOSFET) yang berfungsi sebagai penyaklaran pada *inverter*. [2][14]



Gambar 2. Rangkaian Inverter Full Bridge Resonansi Seri

2.1.2.1. Rangkaian Resonansi Seri

Inverter resonansi seri dirancang dengan frekuensi tinggi menggunakan nilai induktor sebesar 97.5 uH, sedangkan frekuensi resonansi yang dipilih adalah 40kHz. Penentuan nilai kapasitor resonansi dapat dicari dengan rumus berikut :

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \text{ Hz} \quad (1)$$

dimana:

f_o = frekuensi resonansi (Hz)

L = induktor (H)

C = kapasitor (F)

Maka nilai C adalah :

$$C = \frac{\left(\frac{1}{2\pi f}\right)^2}{L} \quad (2)$$

Untuk frekuensi 40 kHz dan induktor bernilai 97.5 uH maka nilai kapasitor yang dibutuhkan :

$$C = \frac{\left(\frac{1}{2 \times 3.14 \times 40k}\right)^2}{97.5u}$$

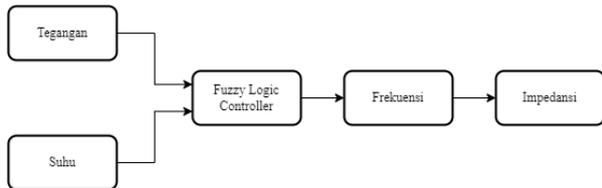
$$C = 162.374 \text{ nF}$$

2.2. Metode Kontrol Logika Fuzzy

Kontrol logika fuzzy pada sistem ini berfungsi sebagai sistem kontrol frekuensi untuk mengontrol frekuensi *switching* pada inverter sehingga dapat mengubah nilai impedansi sistem yang dapat berpengaruh pada nilai arus keluaran inverter. Kontrol ini digunakan untuk mencapai dan mempertahankan suhu MPASI pada set point yang diinputkan. Kontrol logika fuzzy yang digunakan adalah

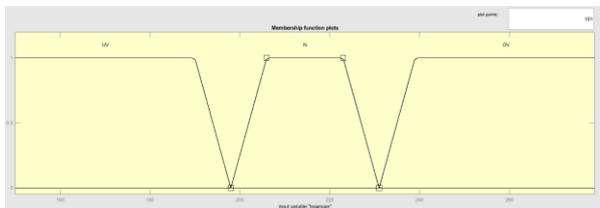
rule base 3x7 dan menggunakan metode Kontrol Logika Fuzzy Sugeno.

Input dari kontrol logika fuzzy berupa nilai suhu dan tegangan input. Sedangkan output dari kontrol logika fuzzy adalah nilai frekuensi switching untuk rangkaian inverter yang dapat dilihat seperti pada Gambar 3.



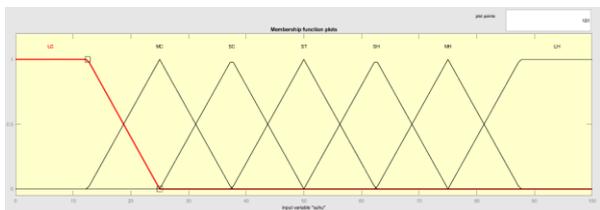
Gambar 3. Diagram Perancangan Perangkat Sistem Kontrol Logika Fuzzy

Rancangan fuzzifikasi yang digunakan merupakan gabungan antara segitiga dan trapezium. [8] Fungsi keanggotaan input dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5, sedangkan untuk fungsi keanggotaan output dapat dilihat pada Gambar 6. Nilai linguistik untuk input tegangan terdiri dari UV (Under Voltage), N (Normal), dan OV (Over Voltage).



Gambar 4. Fungsi Keanggotaan Tegangan

Nilai linguistik untuk input suhu terdiri dari LC (Large Cold), MC (Medium Cold), SC (Small Cold), ST (Standard), SH (Small Hot), MH (Medium Hot), dan LH (Large Hot).



Gambar 5. Fungsi Keanggotaan Suhu

Frekuensi switching yang digunakan minimal bernilai 50 kHz dan maksimumnya sebesar 80 kHz, sehingga range yang digunakan pada fungsi keanggotaan output adalah singleton yang berkisar pada frekuensi tersebut. Nilai linguistik untuk output frekuensi terdiri dari 50 kHz SB (Sangat Besar), 55 kHz B (Besar), 60 kHz CB (Cukup Besar), 65 kHz C (Cukup), 70 kHz CK (Cukup Kecil), 75 kHz CK (Cukup Kecil), dan 80 kHz SK (Sangat Kecil).

Besar), 65 kHz C (Cukup), 70 kHz CK (Cukup Kecil), 75 kHz CK (Cukup Kecil), dan 80 kHz SK (Sangat Kecil).



Gambar 6. Keanggotaan Singleton Output Frekuensi

Setelah ditentukan fungsi keanggotaan maka dapat dibuat aturan (rule base) fuzzy logic controller seperti pada tabel 1. Rule base ini dibuat berdasarkan reasoning, sehingga rules antara satu dengan yang lain dapat berbeda.

Tabel 1. Rule Base Kontrol Logika Fuzzy

Suhu / Tegangan	LC	MC	SC	ST	SH	MH	LH
UV	SB	SB	B	CB	C	CK	CK
N	SB	B	CB	C	CK	K	SK
OV	SK	SK	K	CK	CK	C	C

Pada kontrol logika fuzzy terdiri dari 3 proses, yang pertama adalah fuzzifikasi atau mengubah nilai tegas (crisp) dari suatu variabel menjadi nilai fuzzy. Program untuk proses fuzzifikasi pada C Block PSIM menggunakan bahasa C++ seperti pada Gambar 7.

```

if (Volt<=190)
{
    uUV=1;
}

if (Volt>=190 && Volt<198)
{
    uUV= (198 - Volt) / (198 - 190);
}

if (Volt>=198)
{
    uUV=0;
}
    
```

Gambar 7. Program Proses Fuzzifikasi

```

if(uUV<uLC) {alpha[1]=uUV; keluaran[1]=zSB;}
else {alpha[1]=uLC; keluaran[1]=zSB;}

if(uUV<uMC) {alpha[2]=uUV; keluaran[2]=zSB;}
else {alpha[2]=uMC; keluaran[2]=zSB;}

if(uUV<uSC) {alpha[3]=uUV; keluaran[3]=zB;}
else {alpha[3]=uSC; keluaran[3]=zB;}

if(uUV<uST) {alpha[4]=uUV; keluaran[4]=zCB;}
else {alpha[4]=uST; keluaran[4]=zCB;}

if(uUV<uSH) {alpha[5]=uUV; keluaran[5]=zC;}
else {alpha[5]=uSH; keluaran[5]=zC;}

if(uUV<uMH) {alpha[6]=uUV; keluaran[6]=zCK;}
else {alpha[6]=uMH; keluaran[6]=zCK;}

if(uUV<uLH) {alpha[7]=uUV; keluaran[7]=zCK;}
else {alpha[7]=uLH; keluaran[7]=zCK;}

if(uUV<uLC) {alpha[8]=uUV; keluaran[8]=zSB;}
else {alpha[8]=uLC; keluaran[8]=zSB;}
    
```

Gambar 8. Program Proses Inferensi

Proses kedua adalah inferensi atau pengambilan keputusan dari masukan yang ada berdasarkan basis aturan logika yang dirancang. Program proses ini dapat dilihat pada Gambar 8.

Proses ketiga adalah defuzzifikasi atau pengubahan Kembali nilai fuzzy emnjadi nilai tegas. [9] Program proses ini dapat dilihat pada Gambar 9.

```
bawah = alpha[1]+alpha[2]+alpha[3]+alpha[4]+alpha[5]+alpha[6]+alpha[7]+
alpha[8]+alpha[9]+alpha[10]+alpha[11]+alpha[12]+alpha[13]+alpha[14]+
alpha[15]+alpha[16]+alpha[17]+alpha[18]+alpha[19]+alpha[20]+alpha[21];

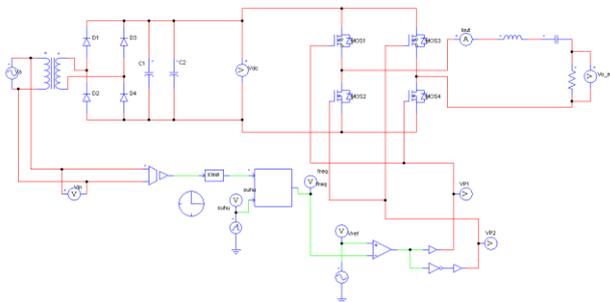
atas = (alpha[1]*keluaran[1])+(alpha[2]*keluaran[2])+(alpha[3]*keluaran[3])+
(alpha[4]*keluaran[4])+(alpha[5]*keluaran[5])+(alpha[6]*keluaran[6])+
(alpha[7]*keluaran[7])+(alpha[8]*keluaran[8])+(alpha[9]*keluaran[9])+
(alpha[10]*keluaran[10])+(alpha[11]*keluaran[11])+(alpha[12]*keluaran[12])+
(alpha[13]*keluaran[13])+(alpha[14]*keluaran[14])+(alpha[15]*keluaran[15])+
(alpha[16]*keluaran[16])+(alpha[17]*keluaran[17])+(alpha[18]*keluaran[18])+
(alpha[19]*keluaran[19])+(alpha[20]*keluaran[20])+(alpha[21]*keluaran[21]);

frekuensi=atas/bawah;
```

Gambar 9. Program Proses Defuzzifikasi

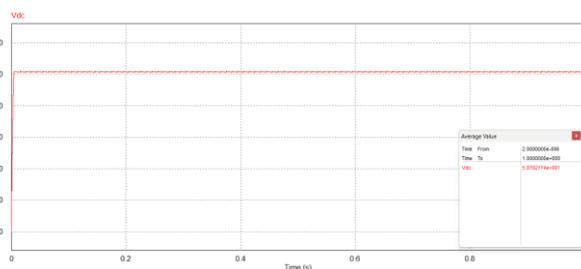
3. Hasil dan Analisa

Hasil dan analisa menunjukkan data-data berupa gambar, grafik, angka-angka dan lain-lain yang merupakan hasil eksperimen yang telah dilakukan disertai dengan analisa ilmiahnya. Rangkaian simulasi terdiri dari rangkaian *full bridge rectifier*, inverter *full bridge* resonansi seri, dan rangkaian kontrol.



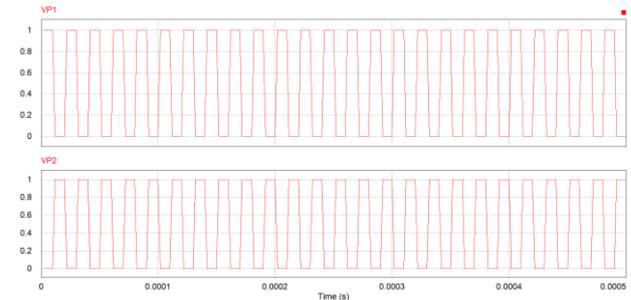
Gambar 10. Rangkaian Simulasi Sistem

Tegangan 220 VAC dari sumber diturunkan menggunakan transformator *step down* ke 36 VAC sebagai input untuk *full bridge rectifier*. Nilai gelombang tegangan hasil keluaran rangkaian ini dapat dilihat pada Gambar 11.



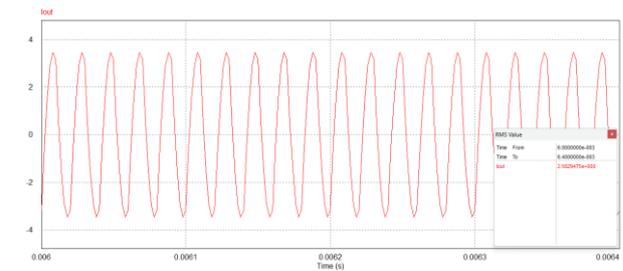
Gambar 11. Tegangan Keluaran Full Bridge Rectifier

Hasil keluaran *full bridge rectifier* berupa tegangan DC, dengan kapasitor yang digunakan sebesar 10000 uF diparalel, *ripple* gelombang yang dihasilkan menjadi lebih kecil. Sehingga drop tegangan hasil keluaran full bridge rectifier tidak terlalu besar, yakni sebesar 50.7 VDC yang digunakan sebagai suplai tegangan untuk inverter. Pada rangkaian inverter *full bridge*, kaki *gate* mosfet disuplai menggunakan sinyal PWM (Pulse Width Modulation) dengan *duty cycle* diatur 50% oleh rangkaian kontrol. [13] Sinyal PWM untuk mosfet ditunjukkan pada Gambar 12.

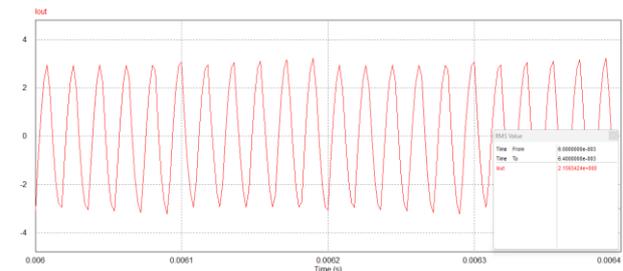


Gambar 12. Sinyal PWM Mosfet

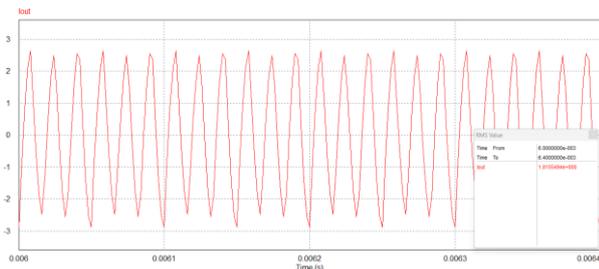
Sinyal *gate* mosfet digunakan sebagai pengatur *on* atau *off* dari *switch* komponen inverter yang terdiri dari 2 penyaklaran secara bergantian sesuai dengan sinyal *gate* untuk menghasilkan output inverter. [6][7] Untuk inverter *full bridge* resonansi seri lebih berfokus pada nilai keluaran arus. Dengan perubahan nilai frekuensi switching mulai dari 50 kHz sampai dengan 80 kHz dengan step 5 kHz, gelombang arus hasil keluaran inverter dapat dilihat pada Gambar 13, Gambar 14, Gambar 15, Gambar 16, Gambar 17, Gambar 18, dan Gambar 19. [15]



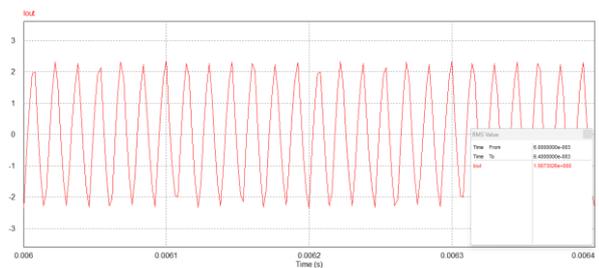
Gambar 13. Arus saat Frekuensi 50 kHz



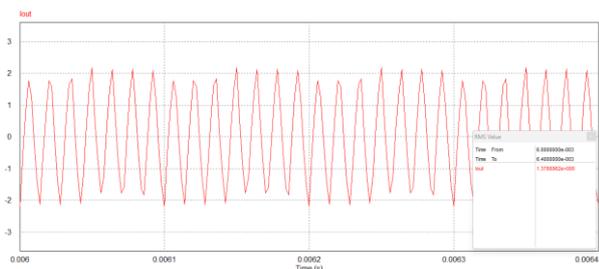
Gambar 14. Arus saat Frekuensi 55 kHz



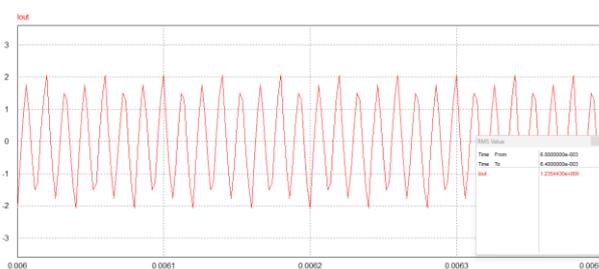
Gambar 15. Arus saat Frekuensi 60 kHz



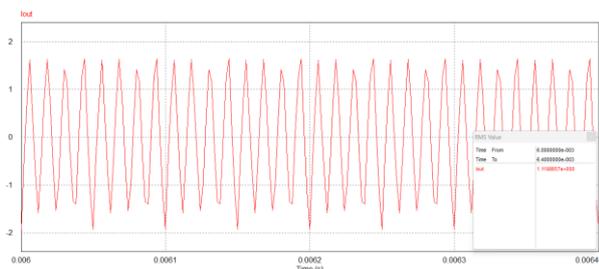
Gambar 16. Arus saat Frekuensi 65 kHz



Gambar 17. Arus saat Frekuensi 70 kHz



Gambar 18. Arus saat Frekuensi 75 kHz



Gambar 19. Arus saat Frekuensi 80 kHz

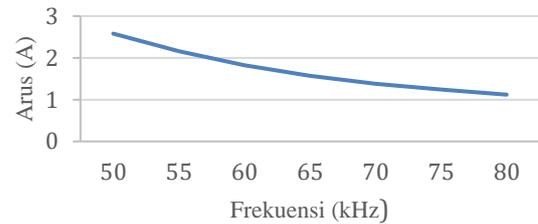
Simulasi arus keluaran hasil inverter *full bridge* resonansi seri diatas, dapat dituliskan dalam bentuk tabel hasil simulasi seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Perubahan Frekuensi Switching Terhadap Nilai Arus

Frekuensi Switching (kHz)	Arus (Ampere)	Rate Kenaikan Suhu (°C/Menit)
50	2.58	2.92
55	2.16	2.687
60	1.82	2.12
65	1.57	1.907
70	1.38	1.787
75	1.24	1.57
80	1.12	1.37

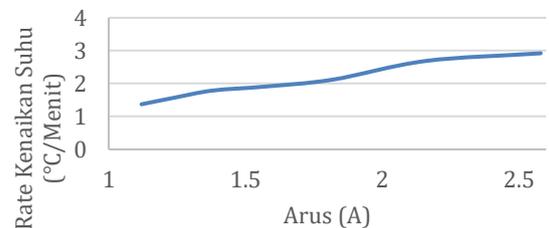
Dari tabel hasil simulasi inverter *full bridge* resonansi seri, dapat dilihat bahwa nilai frekuensi switching yang semakin menjauhi nilai frekuensi resonansi 40 kHz, nilai arus keluaran inverter *full bridge* resonansi seri akan bernilai semakin turun. [12] Grafik perubahan frekuensi terhadap nilai arus keluaran inverter *full bridge* resonansi seri dapat dilihat pada Gambar 20.

Grafik Perubahan Nilai Frekuensi Terhadap Nilai Arus



Gambar 20. Grafik Perubahan Frekuensi Terhadap Nilai Arus

Grafik Hubungan Nilai Arus Terhadap Rate Kenaikan Suhu

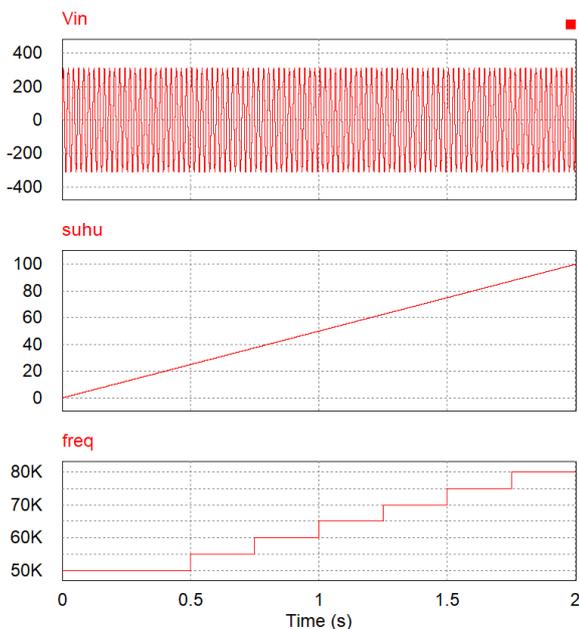


Gambar 21. Grafik Hubungan Nilai Arus Terhadap Rate Kenaikan Suhu

Perubahan nilai arus berpengaruh pada *rate* kenaikan suhu kerja dari kompor induksi, dimana semakin besar arus yang dihasilkan sistem, maka kecepatan dalam mencapai set point suhu atau *rate* kenaikan suhunya juga akan semakin

cepat. Grafik hubungan arus dengan rate kenaikan suhu dapat dilihat pada Gambar 21.

Pada inverter *full bridge* resonansi seri, saat berada pada kondisi resonansi, impedansi pada kapasitor dan induktor bernilai nol sehingga beban yang muncul hanya resistansi saja, oleh karena itu impedansi total sistem berada pada nilai minimum sehingga nilai arus akan bernilai maksimum serta sistem juga akan menghasilkan daya maksimumnya pada kondisi tersebut. [11] Perubahan nilai frekuensi *switching* yang semakin menjauhi frekuensi resonansi akan menghasilkan nilai arus yang semakin kecil dikarenakan nilai impedansi total pada sistem akan bernilai semakin besar. Perubahan nilai arus akibat perubahan frekuensi *switching* akan memengaruhi kecepatan suhu yang akan dihasilkan oleh kompor induksi. Sehingga diperlukan kontrol logika fuzzy untuk mengatur performa dari sistem dalam mencapai *setpoint* yang diinginkan. Hasil kerja dari kontrol logika fuzzy dapat dilihat pada Gambar 22.



Gambar 22. Hasil Simulasi Kontrol Logika Fuzzy pada Sistem

Input dari kontrol logika fuzzy adalah nilai tegangan sistem dan nilai suhu pada MPASI yang dihangatkan, sehingga frekuensi *switching* akan berubah-ubah menyesuaikan nilai tegangan inputan dan perubahan nilai suhu pada makanan tersebut. Hal ini bertujuan agar nilai arus yang dikeluarkan sistem tidak cenderung konstan, melainkan semakin suhu mendekati nilai set point, arus yang bekerja akan semakin menurun akibat perubahan frekuensi *switching* oleh perubahan suhu MPASI yang dihangatkan pada kompor induksi sehingga ketika MPASI sudah mencapai *setpoint*, suhu MPASI akan cenderung konstan pada nilai *setpoint* dikarenakan kenaikan suhu yang dihasilkan semakin kecil. [10] Dengan adanya kontrol logika fuzzy juga akan membuat sistem ini memiliki performa yang sama baiknya

(normal) apabila sewaktu-waktu terjadi *undervoltage* pada tegangan inputannya.

4. Kesimpulan

Kompor induksi ini dirancang dengan daya kecil dikarenakan set point suhu yang diperlukan untuk menghangatkan MPASI tidak terlalu tinggi. Sistem mampu menghasilkan daya maksimumnya pada saat kondisi resonansi. Nilai arus yang dihasilkan oleh sistem ini akan bernilai semakin kecil seiring bertambahnya nilai frekuensi *switching* menjauhi frekuensi resonansi, begitu juga dengan rate kenaikan suhunya, hal ini dikarenakan nilai impedansi total sistem yang semakin besar sehingga daya yang dihasilkan sistem juga akan semakin turun. Dengan adanya kontrol logika fuzzy ini, sistem dapat menjaga nilai keluaran arus yang dihasilkan dan suhu MPASI akan cenderung konstan atau terjaga pada nilai *setpoint* dikarenakan kenaikan suhu yang dihasilkan semakin kecil, serta dapat menjaga performa sistem dalam mencapai *setpoint* apabila terjadi gangguan *undervoltage*.

Referensi

- [1]. N. Wahyudi, A. Amir, and E. Yantri, "Pengaruh Suhu dan Lama Penyimpanan ASI terhadap Kadar Laktoferin dan Lisozim yang Terkandung di dalam ASI," *J. Kesehat. Andalas*, vol. 7, no. Supplement 2, p. 34, 2018, doi: 10.25077/jka.v7i0.823.
- [2]. A. B. Nugroho, E. Firmansyah, and S. Suharyanto, "Single Phase Full Bridge Inverter Control as Reactive Power Compensator," *IJITEE (International J. Inf. Technol. Electr. Eng.*, vol. 1, no. 4, 2018, doi: 10.22146/ijitee.35539.
- [3]. M. Furqan and M. Syukri, "Analisis Simulasi Perubahan Frekuensi Switching Pada Inverter Satu Fasa 220 Volt / 50 Hz," vol. 7, no. 2, pp. 98–104, 2022.
- [4]. T. Mahardika, A. (Universitas D. Warsito, and Karnoto, "Perancangan Inverter Full Bridge Resonansi Seri Frekuensi Tinggi untuk Apikasi Induction Cooker," *Transient*, vol. 2, no. 4, pp. 1–8, 2013.[Online].Available:https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient/article/view/4752
- [5]. P. S. Pratama et al., "Sebagai Suplai Pemanas Induksi Pada Alat Pemanas Bearing," pp. 1–6.
- [6]. D. Nugraha and K. Krismadinata, "Rancang Bangun Inverter Satu Fasa Dengan Dengan Modulasi Lebar Pulsa PWM Menggunakan Antarmuka Komputer," *JTEV (Jurnal Tek. Elektro dan Vokasional)*, vol. 6, no. 1, p. 340, 2020, doi: 10.24036/jtev.v6i1.108035.
- [7]. Y. A. Sinaga, A. S. Samosir, and A. Haris, "Rancang Bangun Inverter 1 Fasa dengan Kontrol Pembangkit Pulse Width Modulation (PWM)," *Electr. - J. Rekayasa dan Teknol. Elektro*, vol. 11, no. 2, pp. 81–91, 2017.
- [8]. S. Suhariningsih and R. Rakhmawati, "Penerapan Kontrol Logika Fuzzy Pada Sistem Pengering Irisan Kripik Singkong," pp. 213–220, 2019, doi: 10.5614/sniko.2018.24.
- [9]. H. Putra, M. Kelviandy, and B. Eka Putera, "Penerapan Kontrol Fuzzy Logic Berbasis Matlab Pada Perangkat Mesin Cuci," *Multinetics*, vol. 4, no. 2, pp. 14–21, 2018, doi: 10.32722/multinetics.vol4.no.2.2018.pp.

- [10]. K. Ibnutama and M. G. Suryanata, "Box Pemanas Makanan Pendamping Air Susu Ibu Menggunakan Termoelektrik," *JURTEKSI (Jurnal Teknol. dan Sist. Informasi)*, vol. 8, no. 1, pp. 69–74, 2021, doi: 10.33330/jurteksiv8i1.1288.
- [11]. F. H. J. Pamungkas, B. Sujanarko, and M. Gozali, "Rancang Bangun Inverter 1 Fasa Dengan Teknik Modulasi Third Harmonic Injection Pulse Width Modulation Untuk Panel Surya 1 Kwp," *J. Arus Elektro Indones.*, vol. 6, no. 1, p. 1, 2020, doi: 10.19184/jaei.v6i1.15624.
- [12]. N. R. Arif, A. Yulianto, J. Fisika, K. U. Sekaran, J. T. Mesin, and K. U. Sekaran, "Pengaruh Frekuensi Resonansi Terhadap Penurunan Suhu Pada Sistem Termoklastik Sederhana," *J. Fis. Unnes*, vol. 4, no. 2, p. 78711, 2014.
- [13]. A. Aswardi, O. Candra, and Z. Saputra, "Sistem Pemanas Logam dengan Induction Heater Berbasis Atmega32," *JTEV (Jurnal Tek. Elektro dan Vokasional)*, vol. 5, no. 1.1, p. 151, 2019, doi: 10.24036/jtev.v5i1.1.106361.
- [14]. R. I. Putri, F. Maulana, and H. Haryadi, "Desain Inverter Full-Bridge 1 Fasa dengan DSP F28069M Menggunakan Teknik SPWM," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 20, no. 2, p. 257, 2021, doi: 10.24843/mite.2021.v20i02.p09.
- [15]. P. S. Pratama et al., "Sebagai Suplai Pemanas Induksi Pada Alat Pemanas Bearing," pp. 1–6.