

**PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK
TERMOELEKTRIK PADA PROSES
REFRIGERASI AIR CONDITIONER DENGAN
METODE *FUZZY LOGIC***

TUGAS AKHIR



**Disusun oleh :
AHMAD SETIAWAN
1452510371**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BUDI LUHUR**

2020

PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TERMOELEKTRIK PADA PROSES REFRIGERASI AIR CONDITIONER DENGAN METODE *FUZZY LOGIC*

TUGAS AKHIR

Tugas Akhir ini diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik



**Disusun oleh :
AHMAD SETIAWAN
1452510371**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BUDI LUHUR**

2020

LEMBAR PERSETUJUAN

Kami yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dari mahasiswa :

Nama : Ahmad Setiawan
NIM : 1452510371
**Judul : PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TERMOELEKTRIK
PADA PROSES REFRIGERASI AIR CONDITIONER DENGAN METODE
FUZZY LOGIC**

Disetujui dan telah dipertahankan dalam Sidang Tugas Akhir.

Jakarta, 21 Januari 2020

Dosen Penguji I,

(Akhmad Musafa, S.T., M.T.)

Dosen Penguji II,

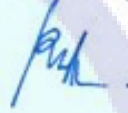
(Sujono, S.T., M.T.)

LEMBAR PENGESAHAN

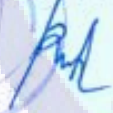
Nama : **Ahmad Setiawan**
NIM : **1452510371**
Judul : **PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TERMOELEKTRIK
PADA PROSES REFRIGERASI AIR CONDITIONER DENGAN METODE
FUZZY LOGIC**

Jakarta, 6 Februari 2020

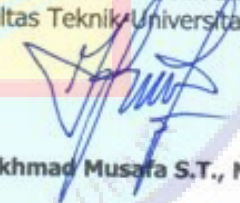
Dosen Pembimbing,


(Dr.Ir. Nazori A Z, M.T.)

Mengetahui,


Dekan Fakultas Teknik
Universitas Budi Luhur

(Dr.Ir. Nazori A Z, M.T.)


Ka.Prodi. Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Budi Luhur

(Akhmad Musafa S.T., M.T.)

ABSTRAK

Air conditioner saat ini banyak digunakan untuk kebutuhan pendinginan ruangan. Pada Tugas Akhir ini telah dirancang sebuah pembangkit listrik termoelektrik (peltier) pada siklus refrigerasi air conditioner. Bagian-bagian sistem terdiri dari air conditioner split wall mounted merk Panasonic kapasitas 1 PK, 50 buah termoelektrik (peltier) TEC 12706 yang disusun secara seri, rangkaian pengendali menggunakan mikrokontroler, display LCD, sensor suhu DS18B20, sensor tegangan. Selanjutnya dari proses refrigerasi air conditioner tersebut, menghasilkan panas pada sisi discharge, dan pada sisi suction menghasilkan suhu dingin dari sisa proses pendinginan ruangan. Penggunaan termoelektrik bertujuan untuk merubah suhu panas dan dingin pada air conditioner kedalam bentuk listrik melalui efek seebeck. Tegangan inilah yang akan diatur melalui DC-DC Converter untuk menghasilkan tegangan yang stabil melalui kontroler. Metode kontrol yang digunakan adalah dengan metode fuzzy logic dengan parameter masukan berupa nilai error dan delta error serta keluaran fuzzy logic controler berupa duty cycle yang akan mengatur switching dari DC-DC Converter agar tegangannya stabil. Tegangan open circuit pada termoelektrik generator tanpa pengontrolan tidak stabil dan dapat mencapai 14 Volt saat delta temperatur $32,38^{\circ}\text{C}$. Hasil pengujian dengan pengontrolan fuzzy diperoleh respon sistem dengan delay time 6 menit 18 detik, rise time 5 menit 51 detik dan steady state error 0,8 pada set poin 7,2 Volt dengan arus pengisian akumulator 0,33 mA.

Kata kunci : Termoelektrik Generator, Peltier, Air Conditioner, Fuzzy Logic, DC-DC Konverter

ABSTRACT

Air conditioner is currently used for cooling the room. In this Final Project a thermoelectric power generation has been designed in the air conditioner refrigeration cycle. The system parts consist of Panasonic split wall mounted air conditioner capacity of 1 PK, 50 pieces of thermoelectric (peltier) TEC 12706 arranged in series, controller, LCD display, DS18B20 temperature sensor, and voltage sensor. Afterwards, from the air conditioner refrigeration process, it generates heat on the discharge side, and on the suction side produces cold temperatures from the rest of the room cooling process. The use of thermoelectric aims to change the hot and cold temperatures of the air conditioner into the electricity through the seebeck effect. This voltage will be regulated through the DC-DC Converter to produce a stable voltage with the controller. The control method used is the fuzzy logic method with input parameters such as error and delta error values and the output is a duty cycle that will regulate the switching of DC-DC Converter. The open circuit voltage on the thermoelectric generator without control is unstable and can reach 14 Volts when the delta temperature is 32,38°C. The results of testing with fuzzy control obtained system response with a delay time of 6 minutes 18 seconds, rise time 5 minutes 51 seconds and steady state error 0.8 at a set point of 7.2 volts, with accumulator charging current of 0.33 mA.

Keyword : Thermoelectric Generation, Peltier, Air Conditioner, Fuzzy Logic, DC-DC Converter

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah *subhanahu wa ta a'la* yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, saya panjatkan juga puja dan puji syukur atas kehadirat-Nya yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah, sehingga penyusun dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan judul "*Perancangan Pembangkit Listrik Termoelektrik Pada Proses Refrigerasi Air Conditioner Dengan Metode Fuzzy Logic*".

Laporan Tugas Akhir ini dibuat untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan jenjang Strata Satu (S1) pada program studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Budi Luhur.

Terlepas dari itu, penyusun menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan baik dari segi bahasa penyampaian, sistematika penulisan maupun materi yang menjadi topik pembahasan, tetapi pada dasarnya penyusun telah berusaha agar laporan ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu sehingga dapat memenuhi persyaratan yang telah ditentukan.

Atas bantuan dalam mencapai hasil akhir pelaporan ini tak lupa penyusun mengucapkan terimakasih kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan kami umur, kesehatan, kekuatan dan nikmat-nikmat lainnya yang tak dapat dihitungkan jumlahnya.
2. Orang tua, saudara serta keluarga atas bimbingannya sejak dulu dan dukungan kepada kami untuk semangat belajar.
3. Bapak Dr.Ir.Nazori A Z, M.T. selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Budi Luhur dan dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan kesempatan dan bimbingannya selama pembuatan laporan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Akhmad Musafa, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Budi Luhur yang telah memberikan kesempatan kepada Mahasiswa Teknik Elektro untuk melaksanakan Tugas Akhir.
5. Bapak Peby Wahyu Purnawan, S.T., M.T. selaku dosen penasehat akademik yang telah memberikan bimbingan dan ilmu selama perkuliahan di Universitas Budi Luhur.
6. Seluruh dosen Universitas Budi Luhur yang telah memberikan ilmunya selama kami menjalani perkuliahan di Universitas Budi Luhur.

Semoga laporan Tugas Akhir ini tidak hanya berguna bagi penyusun tetapi juga bermanfaat bagi pihak lain yang membacanya.

Jakarta, 10 Januari 2020

Ahmad Setiawan

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN PENGUJI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Batasan Masalah	5
1.5. Metode Penelitian	5
1.6. Sistematika Penulisan	6
BAB 2 DASAR TEORI	7
2.1. Air Conditioner.....	7
2.1.1. Ac Split Wall Mounted.....	7
2.2. Siklus Refrigerasi Kompresi Uap	8
2.3. Modul Termoelektrik.....	10
2.3.1. Termoelektrik Generator.....	11
2.3.2. Pendingin Termoelektrik.....	14
2.4. DC-DC Converter.....	15
2.5. Fuzzy Logic Controller.....	17
2.5.1. Fuzzy Logic.....	18
2.5.1.1. Fuzzifikasi.....	18
2.5.1.2. Inference System (Rule Evaluation).....	19
2.5.1.3. Defuzzifikasi.....	20
2.5.2. Sistem Kendali Dengan Fuzzy Logic.....	21
2.6. Respon Sistem.....	22
2.7. Pulse With Modulation.....	25
2.8. Arduino Uno.....	26
2.9. Baterai (Akumulator).....	27
BAB 3 PERANCANGAN SISTEM.....	28
3.1. Perancangan Termoelektrik Generator	28
3.2. Diagram Blok Sistem.....	30
3.3. Perancangan Perangkat Keras.....	30
3.3.1. Air Conditioner.....	31
3.3.2. Modul Termoelektrik Generator.....	32
3.3.3. Modul DC-DC Converter.....	33
3.3.4. Sistem Mikrokontroler.....	36

3.3.5. Sensor Suhu DS18B20.....	38
3.3.6. Sensor Tegangan.....	38
3.3.7. Rangkaian LCD.....	40
3.3.8. Modul RTC.....	40
3.3.9. Modul MicroSD Card.....	41
3.4. Perancangan Perangkat Lunak.....	42
3.4.1. Algoritma Program Utama.....	42
3.4.2. Perancangan Program Logika Fuzzy.....	43
3.4.2.1. Sub Program Fuzzifikasi.....	44
3.4.2.2. Sub Program Evaluasi <i>Rule</i>	48
3.4.2.3. Sub Program Defuzzifikasi.....	48
BAB 4 PENGUJIAN DAN ANALISA SISTEM.....	49
4.1. Pengujian Bagian-Bagian Sistem.....	49
4.1.1. Pengujian Sensor Suhu.....	49
4.1.2. Pengujian Sensor Tegangan.....	52
4.1.3. Pengujian DC-DC <i>converter</i>	56
4.2. Pengujian Sistem.....	59
4.2.1. Pengujian Suhu Yang Dihasilkan <i>Air Conditioner</i>	59
4.2.2. Pengujian Tegangan <i>Open Circuit</i> Termoelektrik Generator.....	62
4.2.2.1. Perbandingan Termoelektrik Generator vs Datasheet.....	64
4.2.3. Pengujian Tanpa Beban Baterai.....	65
4.2.4. Pengujian Sistem Keseluruhan.....	66
4.2.5. Pengujian Arus Pengisian Akumulator.....	70
BAB 5 KESIMPULAN.....	71
DAFTAR PUSTAKA.....	72
LAMPIRAN.....	74

DAFTAR GAMBAR

<i>Gambar 1.1 Siklus Refrigerasi Kompresi uap.....</i>	<i>1</i>
<i>Gambar 1.2 Prinsip Kerja Termoelektrik.....</i>	<i>2</i>
<i>Gambar 2.1 AC Split Wall Mounted.....</i>	<i>8</i>
<i>Gambar 2.2 Diagram Blok Siklus Refrigerasi Kompresi Uap.....</i>	<i>9</i>
<i>Gambar 2.3 Prinsip Termoelektrik Generator.....</i>	<i>12</i>
<i>Gambar 2.4 Sirkuit Termoelektrik Generator Dengan 2 Material.....</i>	<i>12</i>
<i>Gambar 2.5 Grafik Performa Standar Termoelektrik TEC 12706.....</i>	<i>13</i>
<i>Gambar 2.6 Prinsip Kerja Pendingin Termoelektrik.....</i>	<i>14</i>
<i>Gambar 2.7 Rangkaian Buck Converter.....</i>	<i>16</i>
<i>Gambar 2.8 Gelombang Keluaran Buck Converter.....</i>	<i>16</i>
<i>Gambar 2.9 Tahapan Pada Fuzzy Logic.....</i>	<i>17</i>
<i>Gambar 2.10 Bentuk Membership Function.....</i>	<i>18</i>
<i>Gambar 2.11 FAM (Fuzzy Asosiatif Memory).....</i>	<i>19</i>
<i>Gambar 2.12 Contoh Perhitungan Metode Weighted Average Area.....</i>	<i>21</i>
<i>Gambar 2.13 Diagram Blok Sistem Kendali Dengan Fuzzy Logic.....</i>	<i>21</i>
<i>Gambar 2.14 Domain Respon Sistem.....</i>	<i>23</i>
<i>Gambar 2.15 Domain Sinyal Respon Transien.....</i>	<i>23</i>
<i>Gambar 2.16 Spesifikasi Tanggapan Transien Unit Step.....</i>	<i>24</i>
<i>Gambar 2.17 Bentuk Sinyal PWM Pada Arduino.....</i>	<i>25</i>
<i>Gambar 2.18 Bentuk Fisik Arduino Uno.....</i>	<i>26</i>
<i>Gambar 2.19 Bentuk Fisik Akumulator.....</i>	<i>27</i>
<i>Gambar 3.1 Komponen Dan Jalur Refrigerasi Air Conditioner Standar.....</i>	<i>28</i>
<i>Gambar 3.2 Rancangan Termoelektrik Generator Pada Air Conditioner.....</i>	<i>29</i>
<i>Gambar 3.3 Diagram Blok Sistem.....</i>	<i>30</i>
<i>Gambar 3.4 Diagram Blok Sistem Termoelektrik Generator Pada Air Conditioner ..</i>	<i>31</i>
<i>Gambar 3.5 Bentuk Air Conditioner Split Wall Mounted</i>	<i>31</i>
<i>Gambar 3.6 Termoelektrik TEC-12706.....</i>	<i>32</i>
<i>Gambar 3.7 Konfigurasi 50 Buah Termoelektrik Generator.....</i>	<i>33</i>
<i>Gambar 3.8 Bentuk Fisik Buck Converter</i>	<i>33</i>
<i>Gambar 3.9 Modifikasi Pengontrolan Buck Converter</i>	<i>34</i>
<i>Gambar 3.10 Rangkaian Low Pass Filter Dengan Buffer Op Amp.....</i>	<i>35</i>

<i>Gambar 3.11 Rangkaian Pembagi Tegangan Untuk Feedback Buck Converter</i>	<i>35</i>
<i>Gambar 3.12 Wiring Diagram Dari Sistem Mikrokontroler</i>	<i>37</i>
<i>Gambar 3.13 Bentuk Fisik Sensor Suhu DS18B20</i>	<i>38</i>
<i>Gambar 3.14 Rangkaian Pembagi Tegangan</i>	<i>39</i>
<i>Gambar 3.15 Bentuk Fisik Sensor Tegangan</i>	<i>39</i>
<i>Gambar 3.16 Rangkaian LCD dengan I2C</i>	<i>40</i>
<i>Gambar 3.17 Modul RTC</i>	<i>41</i>
<i>Gambar 3.18 Modul MicroSD Card.....</i>	<i>41</i>
<i>Gambar 3.19 Diagram Alir Program Utama</i>	<i>42</i>
<i>Gambar 3.20 Diagram Alir Program Logika Fuzzy.....</i>	<i>43</i>
<i>Gambar 3.21 Diagram Blok Logika Fuzzy</i>	<i>44</i>
<i>Gambar 3.22 Fungsi Keanggotaan Input Error.....</i>	<i>45</i>
<i>Gambar 3.23 Fungsi Keanggotaan Input d_Error.....</i>	<i>45</i>
<i>Gambar 3.24 Fungsi Keanggotaan Output Fuzzy.....</i>	<i>45</i>
<i>Gambar 3.25 Gambar Sub Program Fungsi Fuzzifikasi.....</i>	<i>46</i>
<i>Gambar 3.26 Diagram Alir Sub Program Fuzzifikasi.....</i>	<i>47</i>
<i>Gambar 3.27 Sub Program Deffuzifikasi.....</i>	<i>48</i>
<i>Gambar 4.1 Skema Pengujian Sensor Suhu DS18B20 Dengan NTC</i>	<i>49</i>
<i>Gambar 4.2 Rangkaian Pengujian Sensor Suhu DS18B20 Dengan NTC.....</i>	<i>50</i>
<i>Gambar 4.3 Rangkaian Pengujian Sensor Tegangan</i>	<i>52</i>
<i>Gambar 4.4 Grafik Hubungan Tegangan Dengan Nilai ADC.....</i>	<i>53</i>
<i>Gambar 4.5 Grafik Error Pengukuran Tegangan.....</i>	<i>55</i>
<i>Gambar 4.6 Rangkaian Pengujian DC-DC Converter.....</i>	<i>56</i>
<i>Gambar 4.7 Grafik Nilai PWM vs Tegangan</i>	<i>57</i>
<i>Gambar 4.8 Grafik Antara Nilai PWM Dengan Tegangan Output Buck Converter... 58</i>	
<i>Gambar 4.9 Peletakan Sensor Pada Pengujian.....</i>	<i>59</i>
<i>Gambar 4.10 Grafik Pengujian Suhu Pada Sistem Refrigerasi Pada Pagi Hari.....</i>	<i>61</i>
<i>Gambar 4.11 Grafik Pengujian Suhu Pada Sistem Refrigerasi Pada Malam Hari</i>	<i>61</i>
<i>Gambar 4.12 Grafik Delta Suhu Dan Tegangan Terhadap Waktu.....</i>	<i>62</i>
<i>Gambar 4.13 Grafik Karakteristik Tegangan vs Delta Suhu Pada Datasheet.....</i>	<i>64</i>
<i>Gambar 4.14 Grafik Karakteristik Tegangan vs Delta Suhu Pada Perancangan.....</i>	<i>64</i>
<i>Gambar 4.15 Grafik Pengujian Tanpa Beban Baterai</i>	<i>65</i>
<i>Gambar 4.12 Grafik Pengujian Sistem Keseluruhan.....</i>	<i>68</i>
<i>Gambar 4.18 Pengujian Arus Pengisian Akumulator</i>	<i>70</i>

DAFTAR TABEL

<i>Tabel 2.1 Contoh Penentuan Rule Strenght.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabel 2.2 Spesifikasi Arduino Uno</i>	<i>27</i>
<i>Tabel 3.1 Spesifikasi Air Conditioner</i>	<i>32</i>
<i>Tabel 3.2 Spesifikasi Termoelektrik TEC 12706.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabel 3.3 Spesifikasi Buck Converter</i>	<i>34</i>
<i>Tabel 3.4 Daftar Pin I/O Yang Digunakan Beserta Fungsinya</i>	<i>36</i>
<i>Tabel 3.5 Spesifikasi Sensor Suhu DS18B20</i>	<i>38</i>
<i>Tabel 3.6 Tabel Evaluasi Rule</i>	<i>48</i>
<i>Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sensor DS18B20 Dengan Sensor NTC</i>	<i>50</i>
<i>Tabel 4.2 Hasil Pengujian Nilai ADC Pada Sensor Tegangan.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Error Sensor Tegangan.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabel 4.4 Hasil Pengujian Buck Converter Dengan Nilai PWM</i>	<i>58</i>
<i>Tabel 4.5 Pengujian Suhu Yang Dihasilkan Air Conditioner</i>	<i>61</i>
<i>Tabel 4.6 Pengujian Tegangan Open Circuit Termoelektrik Generator.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabel 4.7 Pengujian Sistem Keseluruhan.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabel 4.8 Tabel Pengukuran Arus Akumulator</i>	<i>65</i>

DAFTAR PUSTAKA

- Bagus Suryasa Majanasastra, R. (2015) 'Analisis Kinerja Mesin Pendingin Kompresi Uap Menggunakan FE-36', *Jurnal Imiah Teknik Mesin*, 3(1), pp. 1–15. Available at: <http://ejournal.unismabekasi.ac.id>.
- Hermawan, I. & Idris, I. (2014) 'Kajian Potensi Energi Panas Buangan Dari Air Conditioner (Ac)', *Jurnal Teknovasi*, 01(2), pp. 1–7.
- Jaya, V. & Sujono (2018) 'Perancangan Maximum Power Point Tracking (MPPT) Pada Turbin Angin PMSG Kapasitas 300 Watt Dengan Algoritma Fuzzy', *Jurnal Maestro*, 1(2), pp. 323–329.
- Negash, A. A., Kim, T. Y. and Cho, G. (2017) 'Effect of electrical array configuration of thermoelectric modules on waste heat recovery of thermoelectric generator', *Sensors and Actuators, A: Physical*. Elsevier B.V., 260, pp. 212–219. doi: 10.1016/j.sna.2017.04.016.
- Puspita, S. C., Sunarno, H. and Indarto, B. (2017) 'Generator Termoelektrik untuk Pengisian Aki', *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 13(2), p. 84. doi: 10.12962/j24604682.v13i2.2748.
- Remeli, M. F. *et al.* (2015) 'Power Generation from Waste Heat Using Heat Pipe and Thermoelectric Generator', *Energy Procedia*. Elsevier B.V., 75, pp. 645–650. doi: 10.1016/j.egypro.2015.07.477.
- Ryanuargo, Anwar, S. & Sari, S. P. (2013) 'Generator Mini dengan Prinsip Termoelektrik dari Uap Panas Kondensor pada Sistem Pendingin', *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 10(4), pp. 180–185. doi: 10.17529/jre.v10i4.1108.
- Salim, A. T. A. & Indarto, B. (2018) 'Studi Eksperimental Karakterisasi Elemen Termoelektrik Peltier Tipe TEC', *Journal of Electrical Electronic Control and Automotive Engineering (JEECAE)*, 3(1), pp. 179–182.
- Sapto Widodo & Syamsuri Hasan. (2008) 'Sistem Refrigerasi Tata Udara Jilid 1 Untuk SMK' *Direktorat Jendral Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional*, Jakarta.
- Sari, S. P. (2019) 'Analisis Energi Listrik Dari Panas Kondensor Air Conditioner Dengan Insulasi Dan Generator Termoelektrik', *jurnal asiimetrik*, 1.2, pp. 65–73.
- Zhang, X. & Zhao, L. D. (2015) 'Thermoelectric materials: Energy conversion between heat and electricity', *Journal of Materiomics*. Elsevier Ltd, 1(2), pp. 92–105. doi: 10.1016/j.jmat.2015.01.001.
- Zheng, X. F. *et al.* (2014) 'A review of thermoelectrics research - Recent developments and potentials for sustainable and renewable energy applications', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Elsevier, 32(April 2014), pp. 486–503. doi: 10.1016/j.rser.2013.12.053.