



**RANCANG BANGUN KOMPOR INDUKSI 48V DC
HALF-BRIDGE SERIES-RESONANT INVERTER
DENGAN *FREQUENCY-TRACKING* MENGGUNAKAN
FAST FOURIER TRANSFORM BERBASIS ESP32**

SKRIPSI

ARYA KUSUMA NUGRAHA

2210314011

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO
2026**



**RANCANG BANGUN KOMPOR INDUKSI 48V DC
HALF-BRIDGE SERIES-RESONANT INVERTER
DENGAN *FREQUENCY-TRACKING* MENGGUNAKAN
FAST FOURIER TRANSFORM BERBASIS ESP32**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik**

ARYA KUSUMA NUGRAHA

2210314011

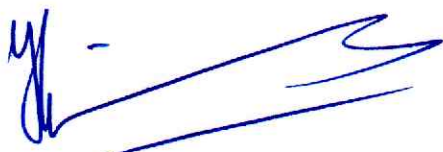
**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO
2026**

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi yang diajukan oleh:

Nama : Arya Kusuma Nugraha
NIM : 2210314011
Program Studi : S1 - Teknik Elektro
Judul Skripsi : RANCANG BANGUN KOMPOR INDUKSI 48V DC
HALF-BRIDGE SERIES RESONANT INVERTER
DENGAN *FREQUENCY-TRACKING*
MENGUNAKAN *FAST FOURIER TRANSFORM*
BERBASIS ESP32

telah berhasil dipertahankan di hadapan tim penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.



Dr. Ir. Henry Binsar Hamonangan Sitorus, S.T., M.T.

Penguji Utama



Luh Krisnawati, S.T., M.T.

Penguji Lembaga



Ir. Ferdyanto, S.T., M.T.

Penguji 1 (Pembimbing)



Dr. Eng. Ir. Teguh Firmansyah,
S.T., M.T., IPM.

Dekan Fakultas Teknik



Luh Krisnawati, S.T., M.T.

**Koordinator Program Studi
Teknik Elektro**

Ditetapkan di: Jakarta
Tanggal Ujian: 22 Juli 2026

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING SKRIPSI

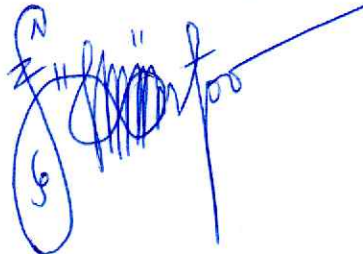
**RANCANG BANGUN KOMPOR INDUKSI 48V DC *HALF-BRIDGE*
SERIES RESONANT INVERTER DENGAN *FREQUENCY-TRACKING*
MENGUNAKAN *FAST FOURIER TRANSFORM* BERBASIS ESP32**

ARYA KUSUMA NUGRAHA

NIM. 2210314011

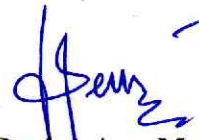
Disetujui Oleh,

Pembimbing I



Ir. Ferdyanto, S.T., M.T.

Pembimbing II



**Ni Putu Devira Ayu Martini,
S.Tr.T., M.Tr.T.**

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta



Luh Krisnawati, S.T., M.T

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Proposal skripsi tersebut merupakan hasil karya sendiri dan semua sumber yang dikutip maupun digunakan sebagai rujukan telah saya nyatakan benar.

Nama : Arya Kusuma Nugraha

NIM : 2210314011

Program Studi : S1 – Teknik Elektro

Apabila di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan saya ini, saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 22 Juli 2026

Yang menyatakan,



Arya Kusuma Nugraha

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai *civitas academica* Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Arya Kusuma Nugraha

NIM : 2210314011

Program Studi : S1 – Teknik Elektro

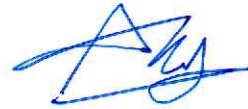
menyetujui untuk memberikan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

RANCANG BANGUN KOMPOR INDUKSI 48V DC *HALF-BRIDGE* *SERIES-RESONANT INVERTER* DENGAN *FREQUENCY-TRACKING* MENGUNAKAN *FAST FOURIER TRANSFORM* BERBASIS ESP32

Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalih-media/formatkan, mengelola (dalam bentuk pangkalan data, merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan pemilik hak cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 22 Juli 2026

Yang menyatakan,



Arya Kusuma Nugraha

RANCANG BANGUN KOMPOR INDUKSI 48V DC *HALF-BRIDGE SERIES-RESONANT INVERTER* DENGAN *FREQUENCY-TRACKING* MENGGUNAKAN *FAST FOURIER TRANSFORM* BERBASIS ESP32

Arya Kusuma Nugraha

ABSTRAK

Perubahan material dan diameter panci pada kompor induksi menyebabkan pergeseran parameter ekuivalen tangki resonansi. Pengoperasian inverter pada frekuensi tetap dalam kondisi tersebut dapat menurunkan efisiensi dan kinerja sistem pemanasan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang kompor induksi 48V DC berbasis *Half-Bridge Series-Resonant Inverter* (HB-SRI) serta mengevaluasi penerapan metode *frequency-tracking* menggunakan algoritma *Fast Fourier Transform* (FFT) pada mikrokontroler ESP32. Estimasi frekuensi resonansi dilakukan secara *one-shot* dengan menganalisis komponen harmonisa pertama dan ketiga dari arus resonansi. Pengujian kinerja dilakukan dengan membandingkan mode *non-tracking* pada frekuensi tetap 20,55 kHz dengan mode *FFT tracking*. Beban yang digunakan meliputi panci berbahan *stainless steel* dan *carbon steel* dengan variasi diameter 16 cm dan 18 cm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengestimasi frekuensi pada rentang 22,93–26,34 kHz dengan penyebaran data yang kecil, ditunjukkan oleh standar deviasi sebesar 0,13–0,71 kHz dan *Relative Standard Deviation* 0,51–2,82%. Efisiensi pemanasan air tertinggi tercapai pada panci *stainless steel* 16 cm sebesar 77,05%. Kesimpulannya, penerapan *frequency-tracking one-shot* berbasis FFT terbukti efektif menyesuaikan frekuensi operasi terhadap karakteristik beban, sehingga mampu meningkatkan efisiensi dan kinerja pemanasan dibandingkan operasi frekuensi tetap.

Kata Kunci: Kompor Induksi, *Half-Bridge Series-Resonant Inverter*, *Fast Fourier Transform*, *frequency tracking*.

DESIGN AND DEVELOPMENT OF A 48V DC HALF-BRIDGE SERIES-RESONANT INVERTER INDUCTION STOVE WITH FREQUENCY-TRACKING USING A FAST FOURIER TRANSFORM BASED ON ESP32

Arya Kusuma Nugraha

ABSTRACT

Variations in cookware material and diameter cause shifts in the equivalent parameters of the resonant tank in induction cookers. Operating the inverter at a fixed frequency under these conditions can reduce heating efficiency and overall system performance. This study aims to design a 48V DC induction cooker based on a Half-Bridge Series-Resonant Inverter (HB-SRI) and evaluate the application of a frequency-tracking method using the Fast Fourier Transform (FFT) algorithm on an ESP32 microcontroller. Resonant frequency estimation was performed via a one-shot procedure by analyzing the first and third harmonic components of the resonant current. Performance testing compared a non-tracking mode at a fixed frequency of 20.55 kHz with the FFT-tracking mode. The applied loads included stainless-steel and carbon-steel pans with diameters of 16 cm and 18 cm. The experimental results showed that the estimated frequencies ranged from 22.93 to 26.34 kHz with a low data spread, indicated by standard deviations of 0.13–0.71 kHz and Relative Standard Deviation values of 0.51–2.82%. The highest water-heating efficiency reached 77.05% using the 16 cm stainless-steel pan. In conclusion, the implementation of FFT-based one-shot frequency-tracking effectively adjusts the operating frequency to match load characteristics, thereby significantly improving heating efficiency and performance compared to fixed-frequency operation.

Keywords: Induction Cooker, Half-Bridge Series-Resonant Inverter, Fast Fourier Transform, frequency tracking.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Puji serta syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT karena telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “RANCANG BANGUN KOMPOR INDUKSI 48V DC *HALF-BRIDGE SERIES-RESONANT INVERTER* DENGAN *FREQUENCY-TRACKING* MENGGUNAKAN *FAST FOURIER TRANSFORM* BERBASIS ESP32”. Penulisan skripsi disusun sebagai salah satu syarat akademis dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Elektro Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik berkat bantuan, dukungan, serta doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah meluangkan waktu untuk mendampingi, mendukung, membantu, memberikan kritik dan saran, mendoakan, serta memberikan kepercayaan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini, yaitu kepada:

1. Keluarga penulis, khususnya orang tua penulis, Alm. Suyoto dan Siti Fatimah, serta saudara kandung penulis, Nurul Fadhilah, beserta suaminya, Trias Fachman Putra, yang senantiasa memberikan dukungan moral, doa, restu, serta motivasi kepada penulis dalam menjalani dan menyelesaikan proses penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Ferdianto, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah memberikan arahan, ilmu, serta motivasi yang berharga dalam penyelesaian skripsi ini
3. Ibu Ni Putu Devira Ayu Martini, S.Tr.T., M.Tr.T. selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan saran serta masukan yang sangat bermanfaat dalam penulisan Tugas Akhir ini.
4. Seluruh rekan Teknik Elektro Angkatan 2022 terutama, Adichandra Putra Ariesta, Fayyadh Dzakwan, Muhammad Rafli Aulia, Helmi Faiz Baihaqi, Irbab Maulana Manaf, Albert Ronald Wijoyo, Firza Ilham Pratama, Kumara Hisyam Achmad, Achmad Pandu Ayli, Zefanya Adrian Connery Sinurat, Ahmad Rafli Himawan, Rafi Dzikra, Muhammad Fahrurizqi

Ilham, Rubio Azza Arafah, Yusak Hamaonangan Riatmaja, Irfan Rizki Arip, Nico Setyo Wibowo, Alvin Zain, Tamir Septian, dan Ahmad Fauzan Ritonga terima kasih atas solidaritas, bantuan, dan kenangan yang telah mewarnai perjalanan penulis di bangku perkuliahan.

5. Seluruh rekan Asisten Laboratorium Energi Listrik, yaitu Panji Sidiq Nurhidayat, Mirza Alfarisi, Najma Zahra, Putri Setyarini, Liemalasintasari, dan Tiara Evidia wati yang telah membantu dan memotivasi dalam penyusunan tugas akhir ini.
6. Rumah Rafi Dzikra, Rumah Muhammad Fahrurizqi Ilham, Rumah Firza Ilham, Rumah Fayyadh Dzakwan, Rumah Helmi Faiz Baihaqi, dan Rumah Kumara Hisyam yang telah mengizinkan penulis singgah selama penulisan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang Teknik Elektro dan teknologi elektronika daya terutama pemanasan induksi.

Jakarta, Juli 2026

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING SKRIPSI	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Penelitian Terdahulu.....	5
2.2. Deskripsi Kompor Induksi	9
2.2.1. Prinsip Kerja Pemanasan Induksi.....	9
2.2.2. Induksi Elektromagnetik	10
2.2.3. Hukum Faraday	10
2.2.4. Skin Effect.....	11
2.2.5. MIC	12
2.2.6. MRC.....	13
2.3. <i>Half-Bridge Series-Resonant Inverter (HB-SRI)</i>	13
2.3.1. Struktur Rangkaian	13
2.3.2. Cara Kerja Rangkaian	14
2.3.3. Frekuensi Resonansi	17
2.4. <i>Fast Fourier Transform</i>	17

2.5.	MOSFET IRFP260N	18
2.6.	<i>Driver</i> MOSFET (IR2184)	19
2.7.	Sensor Arus ACS758.....	20
2.8.	ESP32	21
2.9.	LCD (Liquid Crystal Display).....	21
2.10.	Arduino IDE	22
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		23
3.1.	Kerangka Berpikir	23
3.1.1.	Studi Literatur	25
3.1.2.	Rumusan Masalah	25
3.1.3.	Perancangan dan Pembuatan Alat.....	26
3.1.4.	Pengujian Alat.....	34
3.1.5.	Pengumpulan Data	37
3.1.6.	Hasil dan Pembahasan.....	38
3.1.7.	Kesimpulan	41
3.2.	Implementasi 3D Desain	42
3.3.	Tempat Penelitian.....	43
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		44
4.1.	Hasil Pembuatan Alat	44
4.1.1.	Hasil Perancangan Hardware	44
4.1.2.	Hasil Perancangan Software	45
4.2.	Pengujian Fungsionalitas.....	46
4.2.1.	Pengujian Sensor Divider Tegangan.....	46
4.2.2.	Pengujian Sensor Arus ACS712	48
4.2.3.	Pengujian Sensor Arus ACS758	49
4.2.4.	Pengujian ESP32.....	50
4.2.5.	Pengujian <i>Switching Driver</i> IR2184	51
4.2.6.	Pengujian Estimasi Frekuensi Resonansi Menggunakan Analisis FFT	53
4.2.7.	Pengujian LCD.....	57
4.2.8.	Pengujian Shield Data Logger	58
4.3.	Pengumpulan Data.....	59
4.3.1.	Persebaran Estimasi Frekuensi Resonansi	59
4.3.2.	Mode <i>Non-Tracking</i> (Frekuensi Tetap)	60

4.3.3.	Mode <i>Tracking</i> (Menggunakan Estimasi Frekuensi).....	66
4.3.4.	Data Arus Resonansi pada Mode <i>Non-Tracking</i> dan <i>FFT Tracking</i>	71
4.4.	Analisis Data	72
4.4.1.	Analisis Persebaran Estimasi Frekuensi Resonansi	72
4.4.2.	Analisis Estimasi Impedansi Efektif Tangki.....	76
4.4.3.	Analisis Performa Pemanasan Kompor Induksi	78
4.4.4.	Analisis Pengaruh Frekuensi Kerja terhadap Daya Input dan Daya Pemanasan Air	85
4.4.5.	Analisis Gelombang Tegangan dan Arus.....	88
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		96
5.1.	Kesimpulan.....	96
5.2.	Saran.....	97
DAFTAR PUSTAKA		
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kompor Induksi	9
Gambar 2.2 Induksi Elektromagnetik.....	10
Gambar 2.3 Rangkaian <i>Equivalent</i> Transformator.....	10
Gambar 2.4 Kumparan Sekunder Satu Lilitan.....	10
Gambar 2.5 Grafik Distribusi Kepadatan Arus dan Ketebalan Kulit	12
Gambar 2.6 Magnetic Inductive Coupling	12
Gambar 2.7 Magnetic Resonant Coupling	13
Gambar 2.8 Topologi <i>Half-Bridge Series-Resonant Inverter</i> (HB-SRI).....	14
Gambar 2.9 Siklus Kerja <i>Half-Bridge Series-Resonant Inverter</i> (HB-SRI)	15
Gambar 2.10 Rangkaian Ekuivalen Resonansi.....	17
Gambar 2.11 MOSFET IRFP260N	18
Gambar 2.12 <i>Driver</i> MOSFET	19
Gambar 2.13 Sensor arus ACS758.....	20
Gambar 2.14 ESP32	21
Gambar 2.15 LCD	21
Gambar 2.16 Arduino IDE	22
Gambar 3.1 Flowchart Penelitian	23
Gambar 3.2 Skema Alat	26
Gambar 3.3 Flowchart Sistem	29
Gambar 3.4 Flowchart Pemrosesan FFT Pada Sinyal Arus.	30
Gambar 3.5 Wiring Alat	32
Gambar 3.6 Rangkaian Simulasi MATLAB/Simulink	36
Gambar 3.8 3D Desain Dalam Alat.....	43
Gambar 4.1 Kompor Induksi Tampak Luar	44
Gambar 4.2 Kompor Induksi Tampak Dalam	45
Gambar 4.3 Program ESP32 Pada ArduinoIDE.....	46
Gambar 4.10 Grafik Hasil Perbandingan Frekuensi Resonansi Kalkulasi. Simulasi MATLAB, dan Implementasi ESP32	56
Gambar 4.11 Hasil Gelombang Tegangan dan Arus Pada Frekuensi Hasil Estimasi Tanpa Beban.....	57
Gambar 4.13 Grafik Persebaran Induktansi	73
Gambar 4.14 Grafik Persebaran Frekuensi Estimasi.....	74
Gambar 4.15 Grafik Suhu Pemanasan Stainless Steel	80

Gambar 4.16 Grafik Suhu Pemanasan Carbon Steel.....	81
Gambar 4.17 Grafik Perbandingan Suhu Pemanasan Stainless Steel antara Carbon Steel Diameter 16cm	83
Gambar 4.18 Grafik Perbandingan Suhu Pemanasan Stainless Steel antara Carbon Steel Diameter 18cm	84
Gambar 4.19 Grafik Perbandingan Daya Input dan Output Pada Frekuensi Tetap (20,55kHz)	85
Gambar 4.20 Grafik Perbandingan Daya Input dan Output Pada Frekuensi Estimasi Hasil FFT.....	86
Gambar 4.21 Grafik Perbandingan Efisiensi Pemanasan Air Antara Frekuensi Estimasi Hasil FFT Dan Frekuensi Tetap	87
Gambar 4.22 Gelombang Tegangan Dan Arus Stainless 16cm Mode Frekuensi Tetap.....	89
Gambar 4.23 Gelombang Tegangan Dan Arus Stainless 16cm Mode Frekuensi <i>Tracking</i>	89
Gambar 4.24 Selisih Waktu Gelombang Tegangan Dan Arus Stainless 16cm Mode Frekuensi <i>Tracking</i>	90
Gambar 4.25 Gelombang Tegangan Dan Arus Stainless 18cm Mode Frekuensi Tetap.....	91
Gambar 4.26 Gelombang Tegangan Dan Arus Stainless 18cm Mode Frekuensi <i>Tracking</i>	91
Gambar 4.27 Selisih Waktu Gelombang Tegangan Dan Arus Stainless 18cm Mode Frekuensi <i>Tracking</i>	92
Gambar 4.28 Gelombang Tegangan Dan Arus Carbon Steel 16cm Mode Frekuensi Tetap.....	92
Gambar 4.29 Gelombang Tegangan Dan Arus Carbon Steel 16cm Mode Frekuensi <i>Tracking</i>	93
Gambar 4.30 Selisih Waktu Gelombang Tegangan Dan Arus Carbon steel 16cm Mode Frekuensi <i>Tracking</i>	94
Gambar 4.31 Gelombang Tegangan Dan Arus Carbon Steel 18cm Mode Frekuensi Tetap.....	94
Gambar 4.32 Gelombang Tegangan Dan Arus Carbon Steel 18cm Mode Frekuensi <i>Tracking</i>	95
Gambar 4.33 Selisih Waktu Gelombang Tegangan Dan Arus Carbon Steel 18cm Mode Frekuensi <i>Tracking</i>	95

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
Tabel 3.1 Spesifikasi Komponen.....	32
Tabel 4.1 Pengujian Sensor Divider Tegangan	46
Tabel 4.2 Pengujian Sensor ACS712	48
Tabel 4.3 Pengujian Sensor ACS758	49
Tabel 4.4 Pengujian ESP32	51
Tabel 4.5 Pengujian <i>Switching Driver</i> IR2184.....	51
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Estimasi Frekuensi Resonansi	54
Tabel 4.7 Persentase Error Frekuensi Estimasi	55
Tabel 4.8 Hasil Pengujian LCD	58
Tabel 4.9 Hasil Estimasi Frekuensi Resonansi Pada Setiap Variasi Beban	59
Tabel 4.10 Data Pemanasan Menggunakan Frekuensi Tetap Pada Beban Stainless Steel.....	60
Tabel 4.11 Efisiensi Pemanasan Menggunakan Frekuensi Tetap Pada Beban Stainless Steel	62
Tabel 4.12 Data Pemanasan Menggunakan Frekuensi Tetap Pada Beban Carbon Steel.....	63
Tabel 4.13 Efisiensi Pemanasan Menggunakan Frekuensi Tetap Pada Beban Carbon Steel.....	66
Tabel 4.14 Data Pemanasan Menggunakan Frekuensi Estimasi Pada Beban Stainless Steel	67
Tabel 4.15 Efisiensi Pemanasan Menggunakan Frekuensi Estimasi Pada Beban Stainless Steel	68
Tabel 4.16 Data Pemanasan Menggunakan Frekuensi Estimasi Pada Beban Carbon Steel.....	69
Tabel 4.17 Efisiensi Pemanasan Menggunakan Frekuensi Estimasi Pada Beban Carbon Steel.....	71
Tabel 4.18 Data Arus Resonan.....	71
Tabel 4.19 Statistik Persebaran Frekuensi Estimasi pada Setiap Variasi Panci... 75	
Tabel 4.20 Perbandingan Estimasi Impedansi Efektif Tangki Resonansi pada Mode Non-Tracking dan FFT Tracking.....	77
Tabel 4.21 Perbandingan Performa Pemanasan pada Mode Non-Tracking dan <i>Frequency tracking</i>	78

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1.** Dokumentasi Pengujian Frekuensi
- Lampiran 2.** Dokumentasi Pengambilan Data
- Lampiran 3.** Dokumentasi Beban Panci
- Lampiran 4.** Data Stainless Steel Frekuensi 20.55 Khz 16cm
- Lampiran 5.** Data Stainless Steel Frekuensi 20.55 Khz 18cm
- Lampiran 6.** Data Carbon Steel Frekuensi 20.55 Khz 16cm
- Lampiran 7.** Data Carbon Steel Frekuensi 20.55 Khz 18cm
- Lampiran 8.** Data Stainless Steel Frekuensi Tracking 16cm
- Lampiran 9.** Data Stainless Steel Frekuensi Tracking 18cm
- Lampiran 10.** Data Carbon Steel Frekuensi Tracking 16cm
- Lampiran 11.** Data Carbon Steel Frekuensi Tracking 18cm
- Lampiran 12.** Kode ESP32 Tracking
- Lampiran 13.** Kode ESP32 Logger
- Lampiran 14.** Lembar Konsultasi Pembimbing