

# Prosiding

The 4th National Conference on Industrial Electrical  
and Electronics (NCIEE)



"Inovasi dan Hilirisasi Hasil Penelitian dan Pengabdian  
Kepada Masyarakat melalui Peningkatan Technology  
Readiness Level (TRL)"

**Gedung Center of Excellence (CoE)**

**Cilegon, 12-14 Oktober 2016**



**Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa (UNTIRTA)**

Jl. Jendral Sudirman KM. 3 Kota Cilegon, Banten. Phone: 0254-395502 ext. 15, Fax: 0254-395440

Email panitia: [nciee@untirta.ac.id](mailto:nciee@untirta.ac.id)

## Susunan Panitia

- 1. Pengarah**  
Dr. Eng. A. Ali Alhamidi, ST., MT.
- 2. Penanggung Jawab**  
Dr. Supriyanto, S.T., M.Sc.
- 3. Ketua Pelaksana**  
Teguh Firmansyah, S.T., M.T.
- 4. Sekretaris**  
Imamul Muttakin, S.T., M.Sc.
- 5. Sekretariat**  
Anggoro S P, M.Kom.
- 6. Sie Perlengkapan**  
Herudin, S.T., M.T.
- 7. Sie Publikasi**  
Dr. M.Iman Santoso, S.T., M.Sc.  
Muhammad Otong, S.T., M.T.  
Muhammad Sadikin, S.T., M.T.  
Siswo Wardoyo, S.T., M.Eng.  
Suhendar, S.Pd., M.T.  
Hartono, S.T., M.T.
- 8. Sie Acara**  
Dr. Alimuddin, S.T., MM., MT.  
Dr. Romi Wiryadinata, S.T., M.Eng.  
Dr. Ir. Wahyuni Martiningsih. MT.
- 9. Sie Konsumsi**  
Dr. Irma Saraswati, S.Si., M.Si.
- 10. Sie Akomodasi**  
Ri Munarto, Ir. M.Eng.  
Rocky Alfanz, S.T., M.Sc.  
Heri Haryanto., , S.T., M.T.  
Rian Fahrizal, , S.T., M.Eng.
- 11. Sie Dokumentasi**  
H. Alief, S.T., M.T.

Diterbitkan oleh:  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
Jl. Jend. Sudirman KM.3 Cilegon, Banten  
Phone: 0254-395502, 376712 Fax: 0254-395440  
<http://nciee.elektro.untirta.ac.id> - <http://elektro.untirta.ac.id>



**Kata Pengantar**  
**Ketua Panitia Seminar Nasional NCIEE 2016**

Assalamu'alaykum warahmatullah wabarakaatuh.

Puji syukur dipanjatkan ke hadirat Allah, Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan hidayah yang telah diberikan kepada kita semua, sehingga buku Prosiding Seminar Nasional NCIEE 2016 ini dapat terwujud. Buku ini merupakan prosiding seminar yang diselenggarakan pada tanggal 12 – 14 Oktober 2016 di Center of Excellence FT UNTIRTA. Adapun tema yang diangkat pada NCIEE tahun ini adalah “Inovasi dan Hilirisasi Hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat melalui Peningkatan Technology Readiness Level (TRL)”.

Buku Prosiding ini memuat sejumlah artikel penelitian dosen maupun peneliti dari Universitas Satyagama Jakarta, Politeknik Negeri Jakarta, Universitas Bengkulu, Politeknik Manufaktur Astra, Universitas Indonesia, Sekolah Tinggi Teknik PLN, Universitas Malikussaleh, Universitas Trisakti, Universitas Sumatera Utara, Politeknik Negeri Padang, Universitas Ibnu Khaldun Bogor, Universitas Gunadarma, dan Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Buku ini terwujud karena adanya kerja keras dalam kepanitiaan seminar nasional NCIEE 2016. Oleh karena itu dalam kesempatan ini, perkenankan kami mengucapkan terimakasih kepada :

1. Ketua Jurusan Teknik Elektro yang telah memfasilitasi semua kegiatan seminar nasional ini.
2. Bapak/Ibu segenap panitia Seminar NCIEE 2016 yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pemikirannya demi suksesnya kegiatan ini
3. Bapak/Ibu dosen dan mahasiswa yang telah menyumbangkan artikel hasil penelitian serta berpartisipasi aktif dalam kegiatan seminar.

Semoga buku prosiding ini dapat memberi manfaat bagi kita semua untuk kepentingan pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Terakhir, tiada gading yang tak retak. Mohon maaf jika ada hal-hal yang kurang berkenan. Saran dan kritik yang membangun tetap kami tunggu demi kesempurnaan buku prosiding ini.

Wassalamu'alaykum warrahmatullah wabarakaatuh.

Cilegon, Oktober 2016  
Ketua Panitia

Teguh Firmansyah, S.T., M.T.

## Sambutan Ketua Jurusan Teknik Elektro



**Yang terhormat,  
Bapak/Ibu Dosen &  
Praktisi, Para Delegasi &  
Peserta Semnas NCIEE 2016**

Assalamu'alaykum warahmatullah wabarakaatuh.

Puji Syukur bagi Allah SWT, Tuhan Semesta Alam yang telah memberikan karuniaNya sehingga The 4<sup>th</sup> National Conference on Industrial, Electrical and Electronic (NCIEE) ini dapat terlaksana dengan baik. Semoga seminar ini membawa manfaat bagi kita semua khususnya bagi Jurusan Teknik Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa (UNTIRTA).

NCIEE merupakan seminar nasional yang dilaksanakan oleh JTE Untirta setiap dua tahun sekali dalam rangka untuk memelihara iklim akademis di lingkungan JTE Untirta. NCIEE dimulai pada tahun 2010 dan tahun 2016 ini merupakan pelaksanaan NCIEE yang ke-4 yang bertepatan dengan Dies Natalis UNTIRTA yang ke-35. Tema yang diangkat pada NCIEE tahun ini adalah "*Inovasi dan Hilirisasi Hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat melalui Peningkatan Technology Readiness Level (TRL)*". Tema ini diambil dengan harapan agar hasil riset di perguruan tinggi dapat diimplementasikan dan memperkuat pertumbuhan industri yang merupakan tulang punggung bangsa ini untuk bisa bersaing di pasar internasional.

Sebagai Ketua Jurusan Elektro UNTIRTA, saya mengucapkan terimakasih atas partisipasi dari para ilmuwan, akademisi dari berbagai perguruan tinggi, industri dan lembaga riset dalam mendukung kesuksesan NCIEE kali ini. Semoga kolaborasi riset ini dapat berkelanjutan di masa-masa yang akan datang sehingga banyak manfaat yang dapat diperoleh. Terimakasih juga saya sampaikan kepada Manajemen UNTIRTA, Komite Program, Panitia Pelaksana, Pembicara Utama, Dosen dan Mahasiswa JTE UNTIRTA yang telah berpartisipasi dengan baik sehingga kegiatan dua tahunan ini dapat terlaksana dengan lancar. Semoga jerih payah berbagai pihak tersebut dapat mendatangkan manfaat bagi kita semua.

Akhirnya kami berharap semoga pelaksanaan NCIEE yang ke-4 ini dapat memberikan kontribusi positif dalam upaya hilirisasi hasil-hasil penelitian. Lebih dari itu semoga kolaborasi penelitian antar perguruan tinggi dan industri dapat terus diwujudkan sehingga Bangsa Indonesia dapat bersaing di era global ini.

Wassalamu'alaykum warrahmatullah wabarakaatuh.

Cilegon, Oktober 2016  
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Dr. Supriyanto, ST., M.Sc.

**Daftar Isi Makalah**

Kode	Penulis	Judul Makalah	Halaman
1	Radita Arindya	Penerapan Doubly-Fed Induction Generator (Dfig) Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin	1-4
2	Ni Mas Amalia Rahmasari, Triprijoetomo	Evaluasi Penempatan Site Berdasarkan Ketinggian Antar Site Terhadap Performansi Jaringan Seluler	5-11
3	Junas Haidi	Meningkatkan Lebar Bandwidth Antena Mikrostrip Dengan Metode Parasitik Pada Frekuensi 2,4 GHz.	12-19
4	Roer Eka Pawinanto, A Sumarudin	Desain Cantilever Beam Piezoelectric Untuk Aplikasi Energi Harvesting	20-21
5	Muhammad Yaser	Impact of Macrocell Size on the Implementation of LTE Femto Integrated with GSM Network	22-26
6	Agus Ponco, Ginanjar Jati Jiwandana, Syahril Ardi	Pembuatan Kontrol Mesin Rotary Table 4 Cavity Berbasis PLC pada Proses Rivet Caulking untuk Peningkatan Produktifitas Line Assembly Clutch Cover	27-33
7	Gunawan Wibisono, Ubay Muhammad Noor	Rancang Bangun Lampu Jalan Pintar Dengan Konfigurasi Jaringan Bus Menggunakan Sumber Daya Hybrid	34-38
8	Yenniwarti Rafsyam, Jonifan, Panji Ibrahim Nurrahmat	Rancang Bangun Antena Helix 8 lilitan Untuk Aplikasi Sistem Autotracking Antena Berbasis Signal Strength Pada Sudut Azimuth Sebagai Penjejak UAV (Unmanned Aerial Vehicle)	39-43
9	Heri Suyanto	Sistem Proteksi PLTS On Grid Terhadap Gangguan Jaringan Tegangan Menengah Di Gili Trawangan	44-48
10	Asri	Analisa Dinamika Stabilitas Pembangkit Paya Pasir Akibat Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah	49-52
11	Suhartati Agoes, R. Deiny Mardian, Endang Djuana, dan Revi Noviananda Nurmalasri	Analisis Filter Digital Finite Impulse Respon Untuk Pengukuran Fidelitas Suara	53-57
12	Zulkarnaen Pane, Syiska Yana	Pengurangan Arus Harmonisa Urutan Nol pada Sistem Distribusi Menggunakan Transformator Zig Zag dan Filter Aktif	58-63
13	Popy Maria; Gunawan Wibisono	Analisa Kinerja TCM-SM Untuk MIMO Pada Kanal Fading	64-71
14	Suhartinah, Djoko Subagio, dan Dio Jufrianda	Otomatisasi Mesin Swaging 5 Ton Menggunakan Plc Omron Cplc E40dr-A Pada Produk Bush Rr Shock Absorber Proses In-Line Mesin Pressing	72-79
15	Arief Goeritno, Saefurrochman	Modul Peranti Elektronika Berbasis Mikrokontroler Untuk Sarana Pembelajaran Sistem Pengontrolan Pada Program Studi Teknik Elektronika Sekolah Menengah Kejuruan	80-90
16	Toto Supriyanto, Sartika Ratnasari, Muhammad Husain Effendi	Sistem Antrian Pasien Rumah Sakit Menggunakan Kartu Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS) Kesehatan QR-Code Berbasis Android Dengan Transmisi WiFi	91-94
17	Ranthy Pancasasti	Pemanfaatan Talas Beneng Sebagai Produk Unggulan, Penggerak Ekonomi Perdesaan, Dan Pemberdayaan Masyarakat Di Sekitar Kawasan Gunung Karang Provinsi Banten	95-99
18	Irvan Mustofa, Arief Goeritno, Bayu Adhi Prakosa	Performansi Sistem Kontrol Berbasis Mikrokontroler ATmega32 Untuk Tampilan Kondisi Instalasi Listrik pada Otobis	100-112
19	Cepi Hermawan, Bayu Adhi Prakosa, Ade Hendri Hendrawan, Arief Goeritno	Penggunaan Protokol Internet dan Bluetooth Untuk Sistem Penggerakan Kunci Pintu Berbantuan Arduino UNO R3 Terkendali melalui Smartphone Berbasis Android 4.4.2 KitKat	113-124
20	Sofi Maulana, Ade Hendri Hendrawan, Andik Eko Kristus Pramuko, Arief Goeritno	Program Aplikasi Berbasis Bahasa C++ Untuk Pendeteksian Keberadaan Pelanggaran Terhadap Traffic Light	125-137
21	Mohammad Iqbal, Rudi Trisno Yuwono	Purwarupa Deteksi Otomatis Situasi Darurat di Jalan Bebas Hambatan berbasiskan Raspberry Pi	138-143
22	Ali Hanafiah Rambe, Khairil Abdullah, Suherman	Perancangan Antena Mikrostrip Patch Segi Empat Dual Band (1,8 GHz dan 2,4 GHz)	144-146
23	Suherman, Bakhtiar, Ali	Efisiensi Energi Listrik Lampu Penerangan Menggunakan Sensor	147-149

	Hanafiahtt	Inframerah	
24	Suherman, Junaidi Teguh Siregar, Naemah Mubarakah	Reduksi Konsumsi Energi pada Subscriber Station WiMAX Melalui Pengaturan Beban Protokol Transport	150-152
25	Isworo Pujotomo	Teknologi Batubara Bersih Menggunakan Siklon Dan Magnetite	153-159
26	Alimuddin, Akhmad Dian Prakoso, Suhendar	Analisis Economic Load Dispatch Pada Pembangkit Termal Menggunakan Cfpso (Constriction Factor Particle Swarm Optimization)	160-169
27	Wahyuni Martiningsih, Rocky Alfan, Ramadhani	Simulasi Eliminasi Interharmonisa dan Sub Harmonisa Dengan Filter Aktif Shunt Cascaded Multilevel Inverter pada Beban Non Linear	170-173
28	Yusraini Muharni, Hartono	Internet of things: an important paradigm in the application of smart factory	174-177
29	Heri Haryanto, Vicky Immanuel	Analisa Kinerja Sinusoidal PWM Inverter Pada Beban Motor Induksi Tiga Fasa	178-185
30	Herudin, Ri Munarto, dan Untung Darmawan	Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik di Provinsi Banten Menggunakan Software LEAP	186-194
31	Irma Saraswati, Herudin, dan Ardian Yuliansyah	Analisa Penguatan Sinyal Pada Sistem Komunikasi SKSO Dengan Metode Perataan Penguatan Erbium Doped Fiber Amplifier (EDFA)	195-201
32	Chindy Puspita Millasari, Ri Munarto, Endi Permata	Klasifikasi Citra Radiografi Panoramik untuk Membedakan Penyakit Kista dan Tumor pada Rongga Mulut dengan Artificial Neural Network algoritma Backpropagation	202-211
33	Maulana, Rocky Alfan, dan Ri Munarto	Pembuatan Generator Pulsa Terprogram Untuk Transduser Ultrasonik Sebagai Peralatan Pemeriksa Cacat Logam	212--218
34	Rian Fahrizal, Heri Haryanto, dan Dwi Meliyani	Perancangan Sistem Monitoring Jaringan di Laboratorium Komputer Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Menggunakan PRTG	219-230
35	Rocky Alfan, Wahyuni Martiningsih, dan Suwanda	Perancangan Sistem Kendali Kecepatan Berbasis Arduino Pada Motor Induksi Satu Fasa	231-237
36	Romi Wiryadinata, Andri Ramdoni, dan Wahyuni Martiningsih	Perancangan Sistem Kendali Suhu Induction Furnace Berbasis Arduino	238-244
37	Wiyono, Budi Nugroho, Siswo Wardoyo dan Teguh Firmansyah	Analisa Citra X-Ray Tulang Vertebra Spinal Menggunakan Komparasi Pixel Biner Untuk Deteksi Osteoporosis	245-248
38	Supriyanto, Anggoro S. Pramudyo, dan Siswo Wardoyo	Analisis Penerapan Sistem Informasi Pengendalian Pembangunan Daerah di Provinsi Banten	249-255
39	Bambang Sudibya, Wiyono, Siswo Wardoyo, Teguh Firmansyah	Rancang Bangun Wireless Power Transfer (WPT) menggunakan Metode Magnetic Resonator Coupling	256-259
40	Retno Aita Diantari, Isworo Pujotomo	Design Roof-Top Solar Photovoltaic For Optimal Production Of Electrical Energy	260-264

# Perancangan Sistem Kendali Suhu Induction Furnace Berbasis Arduino

Romi Wiryadinata<sup>1</sup>, Andri Ramdoni<sup>2</sup>, dan Wahyuni Martiningsih<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
Jl. Jendral Sudirman Km. 03, Kota Cilegon, Banten

Email: wiryadinata@untirta.ac.id

<sup>2</sup> Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
Jl. Jendral Sudirman Km. 03, Kota Cilegon, Banten

Email: andri.ramdoni19@gmail.com

<sup>3</sup> Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
Jl. Jendral Sudirman Km. 03, Kota Cilegon, Banten

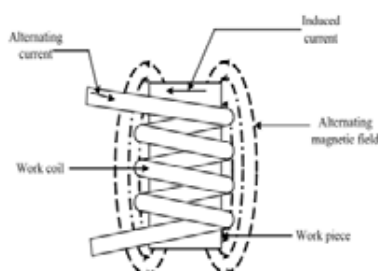
Email: yuni\_elektro@yahoo.com

**Abstract** - Induction heating is a heating process without making any direct contact to the material which will be melted. An induction heater using high frequency AC voltage for heating a material which has a conductive characteristic by using magnetic field produced by work coil. Because of this indirect heating, the melting material will not be contaminated. This heating technique is very efficient due to the heat produced by the material itself so that can prevent heat leakage possibility. An induction heater has a dependability with frequency, voltage, current, and the shape of material which will be melted. Each factor has an influence to a heat characteristic. In this design the induction furnace temperature controlling device has been made. Induction furnace temperature can be controlled by adjusting the frequency of the inverter. The main component of this device is a frequency controlled full bridge inverter which adjusted from 10 to 160 kHz. The output of the inverter is controlled by Arduino Mega2560.

**Keywords:** Induction Furnace, Arduino, Inverter Full Bridge, Frequency.

## I. PENDAHULUAN

Pemanas induksi yaitu timbulnya panas pada logam yang terkena induksi medan magnet, hal ini disebabkan karena pada logam timbul arus Eddy atau arus pusar yang arahnya melingkar melingkupi medan magnet terjadinya arus pusar akibat dari induksi magnet yang menimbulkan fluks magnetik yang menembus logam, sehingga menyebabkan panas pada logam[1].



Gambar 1 Prinsip Kerja Pemanas Induksi

Induksi magnet adalah kuat medan magnet akibat adanya arus listrik yang mengalir dalam konduktor. Pemanasan induksi juga disebut sebagai proses pemanasan non-kontak yang menggunakan listrik frekuensi tinggi untuk menghasilkan panas yang konduktif secara elektrik[2].

Arus Eddy memiliki peranan yang paling dominan dalam proses pemanasan induksi. Panas yang dihasilkan pada material sangat bergantung kepada besarnya arus Eddy yang diinduksikan oleh lilitan penginduksi. Ketika lilitan dialiri oleh arus bolak-balik, maka 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 disekitar medan magnet yang berubah-ubah tersebut, maka pada bahan konduktif tersebut akan mengalir arus yang disebut arus Eddy[3].

Inverter satu fasa jembatan penuh terdiri atas dua inverter setengah jembatan. Susunan ini menghasilkan rating daya yang lebih tinggi daripada inverter setengah jembatan. Dengan tegangan *input* DC yang sama, tegangan *output* maksimum yang dihasilkan dua kali tegangan *output* inverter setengah jembatan[4].

Resonansi adalah proses bergetarnya suatu benda dikarenakan ada benda lain yang bergetar, hal ini terjadi karena suatu benda bergetar pada frekuensi yang sama dengan frekuensi benda yang terpengaruhi. Resonansi pada rangkaian AC (*Alternating Current*) merupakan keadaan dimana reaktansi induktif dan reaktansi kapasitif memiliki nilai yang sama ( $X_L = X_C$ ) [5].

Frekuensi resonansi dapat dihitung menggunakan persamaan matematika berikut ini :

$$Fr = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (1)$$

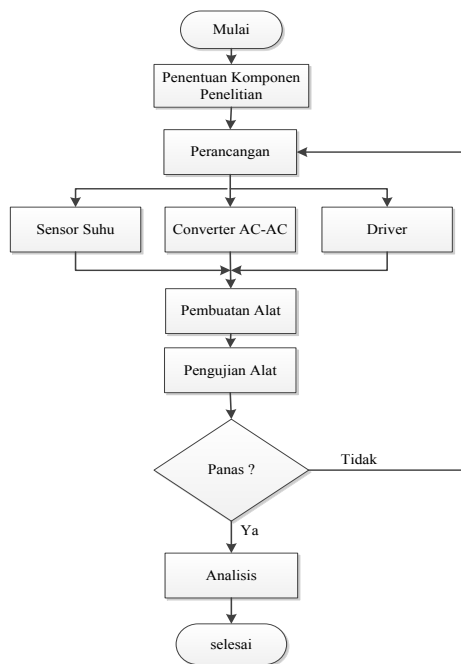
Termokopel merupakan sensor yang paling umum digunakan untuk mengukur suhu, dan data logger adalah suatu alat rekam elektronik yang dapat merekam data. Fungsi utama data logger suhu salah satunya adalah untuk memonitor suhu secara terus-menerus [6]. Mikrokontroler akan membaca nilai

ADC yang kemudian akan disimpan sementara dan diolah melalui perhitungan sehingga akan digunakan untuk menampilkan nilai dari suhu yang dihasilkan dari rangkaian sensor[7].

Pada penelitian ini dirancang sistem pengaturan suhu pada *induction furnace* dengan mengubah nilai frekuensi. Perubahan frekuensi diperoleh dari *inverter full bridge* tergantung dari pensaklaran *gate* MOSFET. Pemicuan MOSFET dilakukan dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Mega.

## II. METODE PENELITIAN

Perancangan sistem kendali suhu *induction furnace* dilakukan melalui beberapa tahapan. Gambar 2. merupakan diagram alir penelitian yang dilakukan.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

### 2.1 Instrumentasi Penelitian

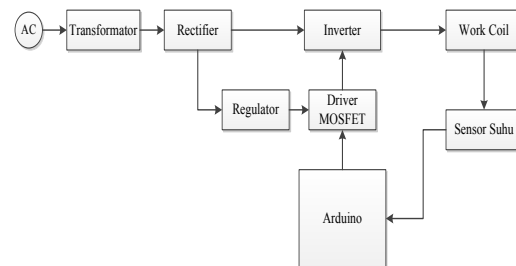
Perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan pada perancangan sistem kendali kecepatan motor induksi satu fasa adalah sebagai berikut :

1. Perangkat Keras (*Hardware*)
  - a. Arduino Mega2560
  - b. Papan PCB
  - c. Transformator *Step-down*
  - d. MOSFET IRFP 460
  - e. IC Optocoupler HCPL 3120
  - f. LM 7809,7805, dan LM 7818
  - g. Multimeter Digital
  - h. Tang Ampere
  - i. Osiloskop Digital
  - j. Thermocouple tipe K
  - k. Modul MAX 31855
  - l. Laptop
2. Perangkat Lunak (*Software*)

1. Perangkat lunak yang digunakan untuk pemrograman mikrokontroler Arduino dan perancangan rangkaian yang dibuat pada penelitian ini yaitu, Arduino IDE, Matlab, dan *NI Circuit Design* 13.

### 2.2 Perancangan Penelitian

Susunan perangkat keras perancangan sistem kendali suhu *induction furnace* terdiri atas 7 bagian utama, yaitu *rectifier*, regulator tegangan, rangkaian *Driver* MOSFET, mikrokontroler Arduino Mega, *inverter full bridge*, *work coil*, dan sensor suhu.. Diagram blok perancangan penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.

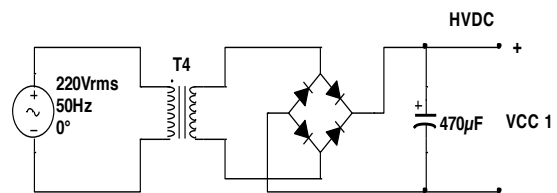


Gambar 3. Diagram Blok Perancangan Kendali Suhu *Induction Furnace*

#### 2.2.1 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

##### 1. Penyearah (*Rectifier*)

Rangkaian Penyearah (*rectifier*) yang digunakan merupakan penyearah jembatan penuh dengan menggunakan dioda *bridge* yang dihaluskan oleh kapasitor polar.



Gambar 4. Rangkaian Penyearah (*Rectifier*)

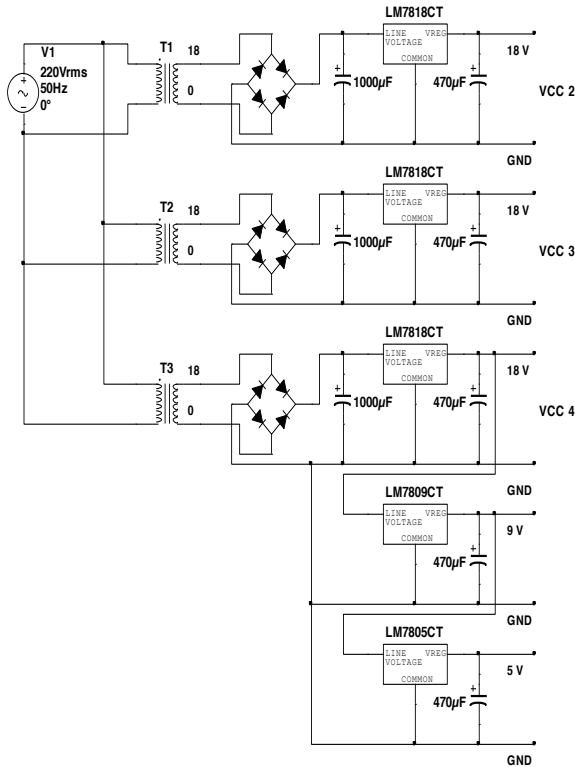
Berikut adalah daftar komponen yang digunakan pada rangkaian *power supply* :

- a. Trafo : 1 buah
- b. Dioda Bridge 20 A : 1 buah
- c. Kapasitor Polar 470uF/400V : 1 buah

##### 2. Regulator Tegangan

Rangkaian regulator tegangan yang dirancang terdiri dari rangkaian dengan keluaran DC sebesar 9 volt, dan 18 volt. *IC regulator* yang digunakan yaitu IC LM7809 untuk menghasilkan tegangan 9 volt DC, IC 7818 untuk menghasilkan tegangan 18 volt DC dan LM7805 untuk menghasilkan tegangan 5 volt. Tegangan keluaran 9 volt digunakan untuk catu daya mikrokontroler Arduino, 5 volt digunakan untuk sensor, dan tegangan 18 volt digunakan untuk *driver* MOSFET HCPL 3120.





Gambar 5. Rangkaian Regulator Tegangan

Berikut adalah daftar komponen yang digunakan pada rangkaian regulator tegangan :

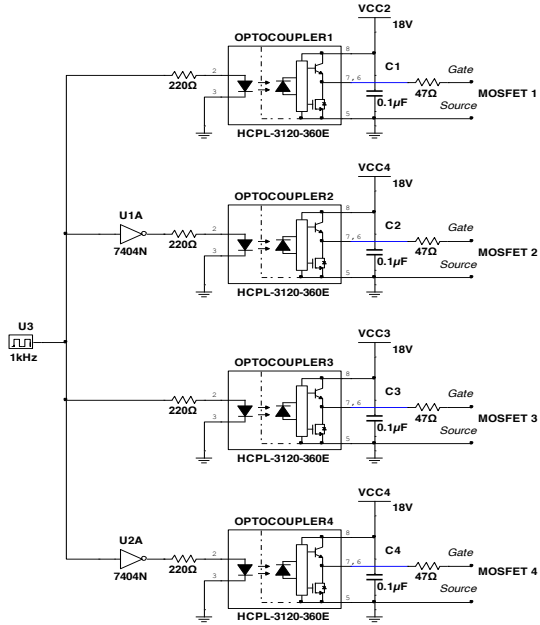
- a. Trafo 2 A : 2 buah
- b. Trafo 500 mA : 1 buah
- c. Dioda Bridge 3 A : 2 buah
- d. Dioda Bridge 1 A : 1 buah
- e. Kapasitor Polar 1000uF/50V : 3 buah
- f. Kapasitor Polar 470uF/16V : 2 buah
- g. Kapasitor Polar 470uF/10V : 1 buah
- h. Kapasitor Polar 470uF/25V : 3 buah
- i. IC LM7818 : 1 buah
- j. IC LM7809 : 1 buah
- k. IC LM7805 : 1 buah

3. *Driver* MOSFET

Berikut adalah daftar komponen yang digunakan pada rangkaian *driver* MOSFET :

- a. IC HCPL 3120 : 4 buah
- b. Kapasitor Polar 0,1uF/50V : 4 buah
- c. Resistor 330 Ohm : 4 buah
- d. Resistor 50 Ohm : 4 buah

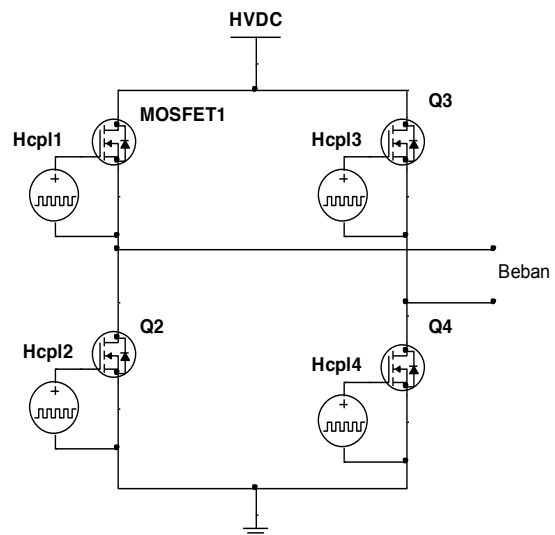
Rangkaian *driver* berfungsi sebagai rangkaian isolasi atau pemisah antara tegangan rangkaian kontrol yang berupa tegangan rendah DC terhadap tegangan rangkaian daya, dan berguna untuk melindungi rangkaian kontrol apabila terjadi gangguan ataupun kesalahan pada rangkaian daya, yang mungkin dapat merusak sistem kontrol.



Gambar 6. Rangkaian *Driver* MOSFET HCPL 3120

4. *Inverter Full Bridge*

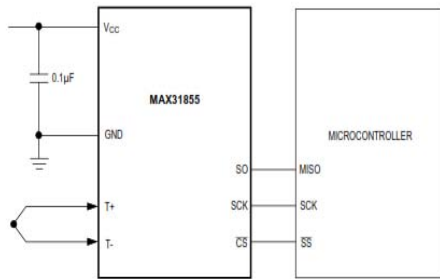
1. Rangkaian konverter DC-AC yang dirancang adalah inverter jembatan penuh satu fasa yang dirancang menggunakan 4 buah MOSFET tipe IRFP460 yang diproduksi oleh International Rectifier, dengan tegangan *breakdown drain source*  $V_{(BR)DSS}$  adalah 500 volt dan kemampuan arus drain maksimal  $I_{D(maks)}$  sebesar 8A. IRFP460 mempunyai tegangan *threshold* 4 volt, dan akan bekerja optimal jika diberikan tegangan pada *gate*-nya di atas 10V. Sinyal pemicuan dari mikrokontroler Arduino hanya mampu memberikan sinyal picu sebesar 5 V. Oleh karena itu diperlukan rangkaian *driver* untuk mengaktifkan MOSFET. Pada perancangan ini digunakan rangkaian *driver* MOSFET berupa IC HCPL 3120 dengan tegangan picu sebesar 18 V.



Gambar 7. Rangkaian *Inverter Full Bridge*

5. MAX 31855

Untuk membaca suhu terukur adalah dengan menjumlahkan tegangan pada kedua sambungan (junction) tersebut kemudian melihat tabel referensi termokopel yang dikeluarkan oleh *National Institute of Standards and Technology* (NIST), dimana setiap tegangan keluaran termokopel menunjukkan suhu tertentu. Diperlukan rangkaian penguat dan pengkondisi sinyal agar keluaran dari rangkaian ini dapat dibaca. Rangkaian pengkondisi sinyal menggunakan MAX 31855.



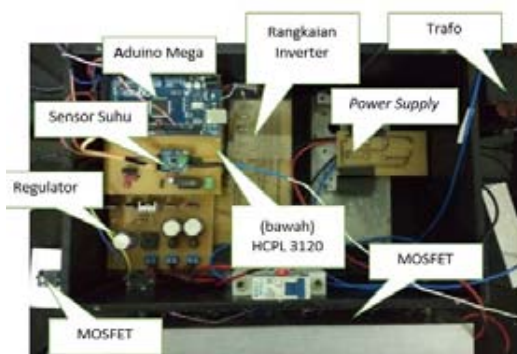
Gambar 8 Pin Out MAX 31855

2.2.2 Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Pada perancangan perangkat lunak digunakan untuk pemrograman Arduino Mega 2560 menggunakan bantuan software Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) yang menggunakan bahasa pemrograman C++.. Perancangan program ini menggunakan software Arduino 1.5.8.

III.HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan kendali suhu *induction furnace* pada penelitian ini terbagi menjadi tujuh bagian utama, yaitu mikrokontroler arduino mega, rangkaian *rectifier* sebagai *power supply*, rangkaian regulator tegangan, rangkaian *driver* MOSFET, rangkaian *inverter full bridge* dan sensor suhu. Pengujian dilakukan perbagian pada setiap rangkaian. Selanjutnya dilakukan pengujian sistem secara keseluruhan.



Gambar 9 Implementasi Sistem Kendali Suhu Induction Furnace

1. Pengujian Rectifier

Tabel 1 merupakan hasil pengukuran *rectifier* dengan tegangan input yang berbeda .

Tabel 1 Data Hasil Pengukuran Power Supply

No	Tegangan	
	Input (AC)	Output (DC)
1	110	156.23
2	32	45.5
3	25	35.35
4	18	25.5
5	12	17.21

2. Pengujian Regulator Tegangan

Pada rangkaian regulator tegangan ini digunakan untuk mengatur tegangan catudaya mikrokontroler arduino sebesar 9 V, sensor sebesar 5 volt, dan catudaya rangkaian *driver* MOSFET HCPL 3120 sebesar 18 V.

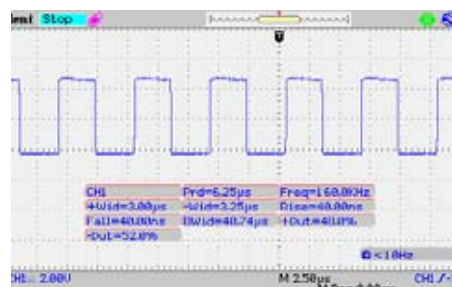
Tabel 2 Data Pengukuran Regulator Tegangan

No	7818	7809	7805
1	18	9.1	4.96
2	18	9	5.01
3	18.2	9	5
4	17.9	9	5.03
5	17.9	9	5

Dari hasil pengukuran tegangan yang dilakukan sebanyak lima kali pada rangkaian regulator tegangan yang berfungsi sebagai pengatur tegangan DC diperoleh tegangan rata-rata sebesar 9 V dan 18 V. Pada rangkaian ini, kestabilan tegangan yang dihasilkan sudah baik sesuai dengan perancangan yang diinginkan.

3. Pengujian Sinyal Picu Mikrokontroler Arduino

Pengujian sinyal pemicuan bertujuan untuk mengetahui bentuk sinyal dan frekuensi yang dihasilkan oleh mikrokontroler Arduino Mega. sesuai dengan yang diharapkan atau tidak. Untuk mengetahui bentuk sinyal pemicuan keluaran mikrokontroler Arduino dilakukan pengujian menggunakan osiloskop digital.

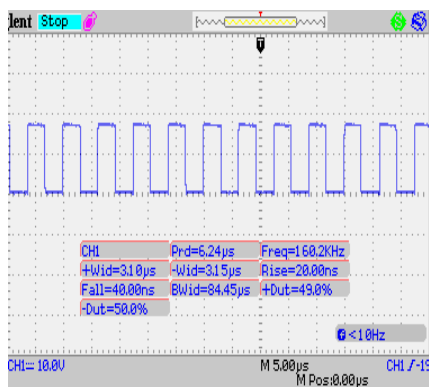


Gambar 10. Gelombang Sinyal Pemicuan Mikrokontroler Arduino

Dari hasil pengujian tersebut terlihat keluaran arduino memiliki bentuk sinyal kotak yang berasal dari PIN 11. Pengujian bentuk sinyal keluaran Arduino dilakukan dari 10 kHz sampai 160 kHz. Keluaran sinyal pemicuan dari mikrokontroler Arduino memiliki tegangan 5 volt, sinyal keluaran dari mikrokontroler digunakan untuk pemicuan *gate* MOSFET melalui rangkaian *driver* MOSFET HCPL 3120.

**4. Pengujian Driver MOSFET**

Sinyal pemicuan yang digunakan pada rangkaian *driver* MOSFET sebesar 18 volt menggunakan *optocoupler* HCPL 3120. Berikut adalah hasil sinyal keluaran *driver* MOSFET seperti terlihat pada Gambar 10.



Gambar 11. Gelombang Sinyal Pemicuan *Driver* MOSFET HCPL 3120

**5. Pengujian Tegangan Keluaran Tanpa Beban**

Tabel di bawah ini adalah hasil pengujian tegangan keluaran *Inverter Full Bridge*.

Tabel 3. Data Pengujian Konverter DC-AC Tanpa Beban

No.	Frekuensi (kHz)	Tegangan DC Input (v)	Tegangan AC Output (v)
1	20	155	153,47
2	60	47	46,25
3	160	47	45,25
4	40	35	34,35
5	60	37	36,45
6	160	36	35,36
7	40	25	23,6
8	60	25	24,45
9	160	25	23

Pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa alat yang dirancang dapat menghasilkan

tegangan keluaran AC dengan frekuensi yang dapat diatur dari frekuensi 10 kHz sampai dengan frekuensi 160 kHz.

**6. Pengujian Modul MAX 31855**

Pengujian kinerja dari rangkaian pengondisian sinyal *thermocouple* ini dilakukan pada kondisi suhu ruang.



Gambar 12 Suhu Terukur MAX 31855

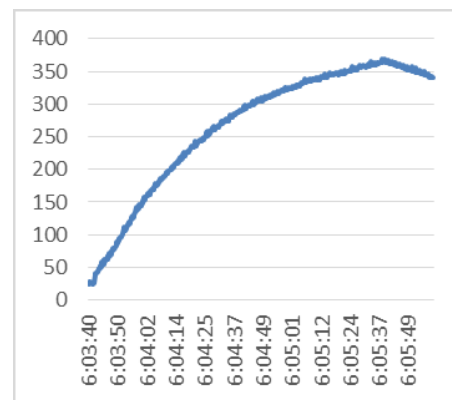
**7. Pengujian Pemanasan Logam**

Tabel 3. merupakan hasil pengujian dengan beban aluminium dengan ketebalan 1 mm.

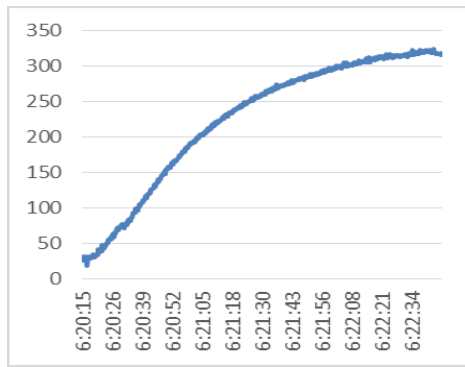
Tabel 4. Kenaikan Suhu pada Frekuensi 71,25 kHz

No	V		A	Suhu ( °C )		Waktu ( s )
	Vs	Koil		Awal	Maks	
1	32	0,875	12,48	28	368,75	118
2	25	0,778	10,59	30	324,75	140
3	18	0,624	9,28	31.6	242	145
4	12	0,438	6,98	31	186,25	184

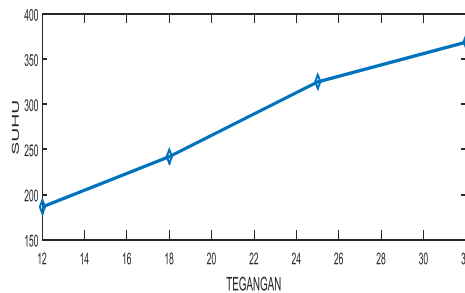
Dari Tabel 4 terlihat bahwa tegangan berpengaruh pada nilai arus yang mengalir pada koil, pada suhu maksimal yang dihasilkan oleh pemanas induksi juga berubah tergantung arus yang mengalir, dan kecepatan pemanasan juga dipengaruhi oleh oleh nilai arus. Dari tabel 4 suhu maksimal 368,75 dalam waktu 118 detik.



Gambar 13 Grafik Kenaikan Suhu pada 32 V

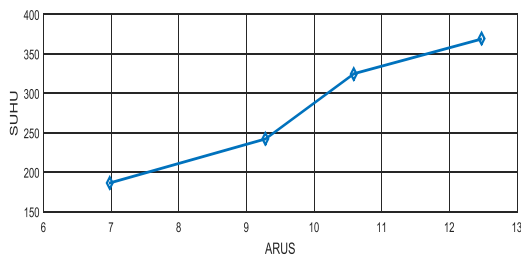


Gambar 14 Grafik Kenaikan suhu pada 25 V



Gambar 15 Grafik Tegangan Terhadap Suhu

Berdasarkan (Tabel 4) nilai arus yang mengalir pada koil berubah mengikuti tegangan sumber, dan berikut (Gambar 16) grafik nilai arus yang mengalir pada koil terhadap suhu logam.



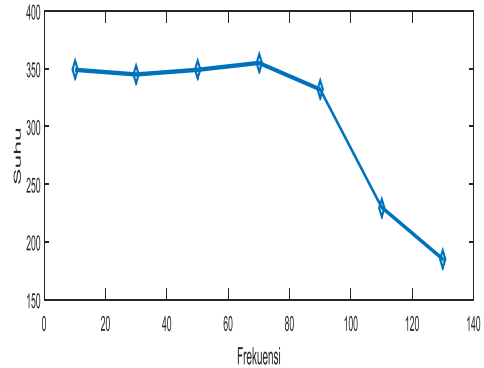
Gambar 16 Grafik Arus Terhadap Suhu

Pengujian kenaikan suhu juga dilakukan dengan mengubah frekuensi inverter, dengan perubahan frekuensi sebesar 20kHz. Pengujian dilakukan dari frekuensi 10kHz sampai 130 kHz.

Tabel 5 Frekuensi Terhadap Kenaikan Suhu

No	f (kHz)	V Coil	A	Suhu		Waktu (s)
				Awal	2ax	
1	10	0,834	11,19	27,5	354	200
2	30	1,23	16,09	28	345	158
3	50	1,1	20,12	28	349	158
4	70	0,98	24,50	28	355	163
5	90	0,818	23,8	29	332	159
6	110	0,617	18,81	30	230	160
7	130	0,435	16,08	32	185	189

Tabel 5 menunjukkan pada setiap kenaikan frekuensi, diperoleh arus dan suhu maksimal pemanasan yang berbeda. Arus maksimal tercapai pada saat terjadi resonansi. Nilai induktansi dari koil sebesar 1,452 uH dan nilai kapasitor sebesar 3,39 uF, maka diperoleh nilai frekuensi resonansi sebesar 71,4 kHz. Dari Tabel 5 nilai arus maksimal tercapai pada frekuensi 70 kHz saat mendekati resonansi.



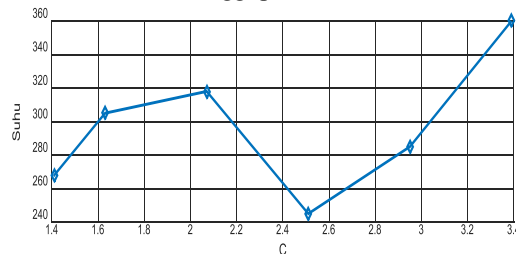
Gambar 17 Grafik Frekuensi Terhadap Suhu

Pengujian perubahan nilai kapasitor terhadap kenaikan suhu pada logam. Pengujian dilakukan menggunakan frekuensi inverter sebesar 70 kHz dengan mengurangi nilai kapasitor dan diperoleh hasil seperti pada (Tabel 6).

Tabel 6 Kapasitor Terhadap Kenaikan Suhu

No	C (uF)	V Koil	A	Suhu		Waktu (s)
				Awal	Max	
1	3,39	0,98	23,8	29	360	159
2	2,95	0,791	20,19	27	285	144
3	2,51	0,872	20,72	28	245	125
4	2,07	0,812	21,84	30	318	135
5	1,63	0,96	21,84	27	305	135
6	1,41	0,96	20,41	32	268	140

Dari tabel 6 pengurangan nilai kapasitor mempengaruhi nilai suhu yang tercapai, dengan maksimal suhu tertinggi pada nilai C = 3,39 uF.



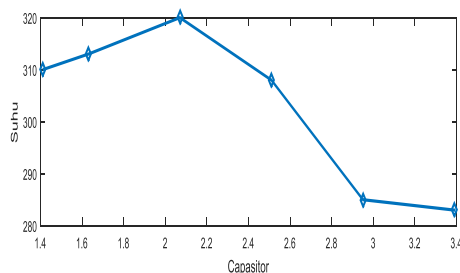
Gambar 18 Grafik C Terhadap Suhu pada 70kHz

Pengujian perubahan kapasitor terhadap kenaikan suhu juga dilakukan pada frekuensi 90 kHz. Pengujian dilakukan dengan cara menaikkan nilai kapasitor dan di peroleh hasil pada tabel 6

Tabel 7 Kapasitor Terhadap Kenaikan Suhu

No	C (uF)	V Koil	A	Suhu		Waktu (s)
				Awal	Max	
1	1,41	0,848	25,61	32	310	150
2	1,63	0,882	26,41	31,5	313	150
3	2,07	0,851	27,31	28,5	320	150
4	2,51	0,821	24,91	27,75	308	150
5	2,95	0,811	21,51	30,25	285	150
6	3,39	0,809	21,04	30	283	150

Dari Tabel 7 nilai arus maksimal saat koil pemanas diberi kapasitor 2,07 uF. Berdasarkan persamaan (1) frekuensi 90 kHz terjadi resonansi saat nilai kapasitor 2,154 uF. Berikut grafik perubahan suhu terhadap nilai kapasitor.



Gambar 19 Grafik C Terhadap Suhu pada 90kHz

Dari gambar 17, 18 dan 19 suhu maksimal pemanasan logam terjadi pada saat rangkaian mengalami resonansi. Rangkaian yang digunakan pada penelitian ini, kapasitor dirangkai seri dengan koil. Pada saat mencapai resonansi nilai impedansi pada rangkaian sangat kecil, karena  $XL + XC = 0$  maka nilai arus yang mengalir pada koil mencapai nilai maksimal. Berdasarkan gambar 15, suhu sebanding dengan nilai tegangan input.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

##### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis terhadap hardware perancangan sistem kendali suhu *induction Furnace* dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini diperoleh sebuah AC-AC Converter yang digunakan sebagai sumber *induction furnace* dengan frekuensi 10kHz sampai 160kHz, dengan pengaturan frekuensi menggunakan Arduino dan tegangan keluaran inverter sama dengan tegangan *input* DC.
2. Perubahan tegangan input mempengaruhi nilai arus dan suhu maksimal yang tercapai. Pada tegangan sumber 32 volt AC suhu maksimal yang dapat dicapai sebesar 364 °C. Pada tegangan 18 volt DC diperoleh suhu maksimal sebesar 186 °C. Perubahan frekuensi mempengaruhi nilai arus suhu pemanasan. Pada frekuensi 70kHz diperoleh suhu sebesar 355 °C, dan arus sebesar 24,50 A.
3. Pada penelitian ini koil dihubung seri dengan kapasitor, sehingga membentuk rangkaian resonsi

seri. Suhu yang dapat dicapai oleh pemanas sebanding lurus dengan dengan nilai arus. Nilai arus maksimal tercapai saat terjadi resonansi. Perubahan frekuensi dan kapasitor mempengaruhi suhu pemanasan yang dicapai, dan difrekuensi tertentu mencapai nilai arus maksimal.

##### B. Saran

Pada perancangan sistem kendali suhu *induction Furnace* ini, penulis memberikan saran untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan penelitian ini yaitu:

1. Untuk menghasilkan suhu yang lebih tinggi menggunakan tegangan inpput yang lebih besar, dengan frekuensi kerja yang lebih tinggi.
2. Menggunakan trafo *Matching* pada keluaran inverter untuk menaikkan nilai arus yang mengalir ke koil.
3. Menggunakan komponen *switching* yang memiliki rating daya yang lebih besar dari pada MOSFET yaitu IGBT

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wandes Jepri N ( 2015 ). Rancang Bangun Pemanas Induksi Berdaya Rendah Menggunakan Selenoid Coil Berbasis Mikrikontroler Atmega 8535. Medan : Universitas Sumatera Utara.
- [2] U. Kulkarni, S. Jadhav, and M. Magadum, "Design and Control of Medium Frequency Induction Furnace for Silicon Melting," vol. 3, no. 4, pp. 269–276, 2014.
- [3] S. S. Aung, H. P. Wai, and N. N. Soe, "Design Calculation and Performance Testing of Heating Coil in Induction Surface Hardening Machine," World Acad. Sci. Eng. Technol., vol. 2, no. 6, pp. 416–420, 2008.
- [4] Rashid, MH. (2011). Power Electronic : Circuit, Devices, and Applications Third Edition. New Jersey: Prentice-Hall International, Inc.
- [5] Kirubakaran D, Reddy S Rama. Comparison Of Parallel Resonant Inverter and Series Resonant Inverter For Induction Heating. Chennai : Jerusalem College of Engineering.
- [6] S. Wardoyo, A. P. Habibie, R. Wiryadinata, and A. Termokopel, "Wireless Data Logger Suhu Multi Channel Menggunakan Labview," vol. 5, no. 2, 2016.
- [7] R. Wiryadinata, W. F. Putra, and Alimuddin, "Prototipe ATG sebagai Alat Ukur Volume, Suhu dan Massa Jenis pada Tangki Timbun BBM," NCIEE, vol. 3, p. 19, 2016.