

**ANILISIS ARUS-TEGANGAN TERHADAP DAYA DAN
ENERGI PADA PEMBANGKIT SUMBER PLASMA
TEGANGAN TINGGI DENGAN MEDIA *INVERTER BOOST*
15KV**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik



Oleh:

YAN MAHARDHIKA PUTRA PERDANA

NIM. I0715037

**PRODI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2020**

**ANILISIS ARUS-TEGANGAN TERHADAP DAYA DAN
ENERGI PADA PEMBANGKIT SUMBER PLASMA
TEGANGAN TINGGI DENGAN MEDIA *INVERTER BOOST*
15KV**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik



Oleh:

YAN MAHARDHIKA PUTRA PERDANA

NIM. I0715037

**PRODI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2020**



SURAT TUGAS

Nomor : 033/TA/TE/2019

Kepala Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret memberikan tugas kepada :

Nama : Yan Mahardhika Putra Perdana
NIM : I0715037
Bidang peminatan : Sistem Energi Listrik
Pembimbing Utama : Dr. Miftahul Anwar, M.Eng.
NIP. 1983032420130201
Pembimbing Pendamping : Chico Hermanu B.A., S.T., M.Eng.
NIP. 198804162015041002
Mata kuliah pendukung : 1. Pembangkitan Tenaga Listrik
2. Teknik Tegangan Tinggi
3. Analisis Sistem Tenaga

untuk mengerjakan dan menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul :

Monitoring Tegangan Tinggi untuk Sumber Plasma

Surat tugas ini dibuat untuk dilaksanakan dengan sebaik-baiknya.

Surakarta, 27 May 2019
Kepala Program Studi

Irwan Istadi, S.T., M.Eng
NIP. 197004041996031002

Tembusan:

1. Mahasiswa ybs.
2. Dosen Pembimbing TA
3. Koordinator TA
4. Arsip

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS KARYA ILMIAH

Saya mahasiswa Program Studi Sarjana Teknik Elektro Universitas Sebelas Maret yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yan Mahardhika Putra Perdana
NIM : 10715037
Judul tugas akhir : Analisis Arus-Tegangan terhadap Daya dan Energi pada Pembangkit Sumber Plasma Tegangan Tinggi dengan Media *Inverter Boost 15kV*

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir yang saya susun tidak mencontoh atau melakukan plagiat dari karya tulis orang lain. Jika terbukti tugas akhir yang saya susun tersebut merupakan hasil plagiat dari karya orang lain maka tugas akhir yang saya susun tersebut dinyatakan batal dan gelar sarjana yang saya peroleh dengan sendirinya dibatalkan atau dicabut.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan apabila dikemudian hari terbukti melakukan kebohongan maka saya sanggup menanggung segala konsekuensinya.

Surakarta, 30 Juli 2020



Yan Mahardhika Putra P
NIM. 10715037

HALAMAN PENGESAHAN TIM PEMBIMBING DAN TIM PENGUJI

**ANILISIS ARUS-TEGANGAN TERHADAP DAYA DAN ENERGI PADA
PEMBANGKIT SUMBER PLASMA TEGANGAN TINGGI DENGAN
MEDIA *INVERTER BOOST* 15KV**

Disusun oleh

YAN MAHARDHIKA PUTRA PERDANA

NIM. I0715037

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Miftahul Anwar S.Si., M.Eng.
NIP. 1983032420130201

Chico Hermanu B.A, S.T. M.Eng.
NIP. 198804162015041002

Telah dipertahankan di hadapan Tim Dosen Penguji pada hari Kamis tanggal 16 Juli 2020

1. **Dr. Miftahul Anwar S.Si., M.Eng.**
NIP. 1983032420130201
2. **Chico Hermanu B.A, S.T. M.Eng.**
NIP. 198804162015041002
3. **Hari Maghfiroh M.Eng.**
NIP. 199104132018031001
4. **Joko Slamet Saputro, S.Pd., M.T.**
NIP. 198904242019031013

Kepala Prodi Teknik Elektro

Mengetahui,
Koordinator Tugas Akhir

Feri Adrivanto, Ph.D.
NIP. 196801161999031001

M. Hamka Ibrahim, S.T., M.Eng.
NIP. 1988122920161001

MOTTO

**Selesaikan Apa yang Sudah
Dimulai, dengan Sepenuh Hati**

ABSTRAK

Teknologi plasma adalah salah satu teknologi yang dapat membantu di berbagai sektor. Pengembangan penelitian tentang teknologi plasma memiliki beberapa manfaat, misalnya untuk memproses bahan tertentu atau menghasilkan beberapa bahan nano di sektor industri, untuk mengolah lebih banyak limbah di sektor lingkungan, untuk memurnikan air minum di sektor makanan, dan berbagai sektor lainnya. Penelitian ini adalah untuk mengamati karakteristik arus dan tegangan pada pelepasan plasma menggunakan perangkat *Inverter Boost* 15 kV sebagai sumber pembangkit plasma dan untuk menemukan energi yang dibutuhkan atau dikonsumsi dalam peristiwa pelepasan plasma antara dua elektroda. Untuk pengukuran, sensor arus dan tegangan dipasang secara bersamaan di setiap sisi untuk mengukur nilai *asli-time* selama peristiwa pelepasan plasma. Perhitungan matematis juga dilakukan untuk mengidentifikasi nilai daya dan energi. Berdasarkan perhitungan nilai arus sekunder, tipe pelepasan plasma dapat dianggap sebagai tipe plasma korona, karena nilai tersebut mencapai urutan mikroampere (10^{-6} A) dengan beberapa karakter fisik yang terlihat. Berdasarkan perhitungan, daya listrik yang dibutuhkan untuk menghasilkan plasma melalui 2 perhitungan yang sedikit berbeda. Pada perhitungan pertama nilai daya listrik berada di kisaran di (-3×10^{-4}) – 3×10^{-4} Watt, dan nilai paling tinggi sebesar $3,82 \times 10^{-3}$ Watt, dengan nilai konsumsi daya rata-rata $\pm 1,5 \times 10^{-5}$ Watt per detik. Pada perhitungan kedua, nilai daya listrik maksimal yang dicapai adalah 0,024 W, rata-rata konsumsi daya yang terjadi pada saat pengujian $\pm 1,5 \times 10^{-5}$ Watt tiap detik nya. Energi ionisasi yang terjadi saat percobaan terlihat berbanding lurus dengan tinggi *peak* daya.

Kata kunci : Arus, Tegangan, Daya Listrik, Energi, Plasma, Transfomator, Boost inverter, sensor tegangan arus, pembangkit plasma

ABSTRACT

Plasma technology is one of the technologies that can help in various sectors. The development of research on plasma technology has several benefits, for instance to process certain materials or produce some nanomaterials in an industrial sector, to treat more waste in an environmental sector, to purify drinking water in a food sector, and various other sectors. This study is to observe characteristics of current and tegangan on plasma discharge using 15 kV Boost Inverter device as a source of plasma generation and to find the energy needed or consumed in plasma discharge events between two electrodes. For measurement, current and tegangan sensors are installed simultaneously on each side to measure the asli-time value during plasma discharge events. Mathematical calculations are also carried out to identify the value of electric power and energy. As a result, based on secondary current values, the type of plasma release can be considered as corona plasma type, because the value reaches the order of microamperes (10^{-6} A) with several visible physical features. Based on the calculations, the electric power required to produce the plasma goes through two slightly different calculations. In the first calculation the value of electric power is in the range of (-3×10^{-4}) -3×10^{-4} Watt, and the highest value is 3.82×10^{-3} Watt, with an average power consumption value of $\pm 1.5 \times 10^{-5}$ Watt per second . In the second calculation, the maximum electrical power value achieved is 0.024 W, the average power consumption that occurs during testing is $\pm 1.5 \times 10^{-5}$ Watt per second. The ionization energy that occurs during the experiment is shown to be directly proportional to the peak power height.

Keywords: Current, Tegangan, Electrical Power, Electrical Energy, Plasma, Transfomator, Boost inverter, current-tegangan sensor, plasma generation

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji dan syukur kepada Allah SWT atas berkah, rahmat dan limpahan nikmat Nya-lah penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisis Arus-Tegangan terhadap Daya dan Energi pada Pembangkit Sumber Plasma Tegangan Tinggi dengan Media *Inverter Boost 15kV*” dengan baik.

Penulisan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan dalam memperoleh gelar sarjana S1, Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret.

Penulis menyadari dalam proses penelitian dan pengerjaan skripsi ini banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak, baik berupa bimbingan, arahan, saran, dorongan, doa, semangat maupun fasilitas. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Miftahul Anwar S.Si., M.Eng. selaku Pembimbing I yang telah membimbing, memberikan ide, saran, arahan dan motivasi dalam penyelesaian skripsi ini dengan penuh keuletan dan kesabaran.
2. Bapak Chico Hermanu BA S.T., M.Eng. selaku Pembimbing II dan Pembimbing Akademis yang telah membimbing, memberikan ide, saran, arahan dan motivasi dalam penyelesaian skripsi ini dengan penuh keuletan dan kesabaran.
3. Bapak Feri Adriyanto, Ph.D. selaku Kepala Prodi Teknik Elektro Universitas Sebelas Maret Surakarta.
4. Seluruh dosen dan karyawan Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik yang sudah membantu baik langsung maupun tak langsung.
5. Keluarga di rumah yang selalu memberikan support kepada saya untuk dapat menyelesaikan tugas akhir saya.
6. Ramanda Fadlilah dan Lia Anjarwati selaku tim penelitian plasma yang selalu memberikan solusi dan bantuan untuk menyelesaikan tugas akhir saya.
7. Teman-teman Teknik Elektro 2015 yang selalu memberi semangat, selalu kompak, selalu memberi dukungan.

8. Adik-adik tingkat Teknik Elektro yang telah memberikan semangat dan dukungan.
9. Semua pihak yang telah membantu penulis baik langsung maupun tidak langsung yang tidak atau belum disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan dan ketidaksempurnaan. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat dibutuhkan oleh penulis untuk melakukan perbaikan kedepan. Penulis juga berharap skripsi ini dapat bermanfaat terutama bagi penulis dan bagi pembaca.

Surakarta, 30 Juli 2020



Yan Mahardhika Putra P.

I0715037

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| HALAMAN KULIT | i |
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| HALAMAN SURAT PENUGASAN | ii |
| SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS KARYA ILMIAH | iii |
| HALAMAN PENGESAHAN TIM PEMBIMBING DAN TIM PENGUJI | iv |
| MOTTO | v |
| ABSTRAK | vi |
| <i>ABSTRACT</i> | vii |
| KATA PENGANTAR | viii |
| DAFTAR ISI..... | x |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang Masalah | 1 |
| 1.2. Perumusan Masalah..... | 3 |
| 1.3. Batasan Masalah..... | 3 |
| 1.4. Tujuan Penelitian..... | 3 |
| 1.5. Manfaat Penelitian..... | 4 |
| 1.6. Sistematika Penulisan..... | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 6 |
| 2.1. Penelitian Sebelumnya | 6 |
| 2.2. Teknologi Plasma | 9 |
| 2.3. Modul Rangkaian Pembangkit Plasma..... | 12 |
| 2.4. Pemakaian Sensor..... | 13 |
| 2.4.1. Sensor ACS712 | 13 |
| 2.4.2. CT2700 40 KV <i>High</i> Tegangan <i>DMM Probe</i> | 15 |
| 2.5. Intrustar ISDS205 | 15 |
| 2.5.1. Intrustar ISDS205 | 15 |
| 2.5.2. Multi Virtual Analyzer | 16 |
| 2.6. Arduino UNO R3 | 16 |
| 2.7. Analisis Pengaruh Arus dan Tegangan | 18 |

| | |
|--|-----------|
| 2.7.1. Daya Listrik..... | 18 |
| 2.7.2. Energi | 19 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... | 20 |
| 3.1. Sumber Data | 20 |
| 3.2. Diagram Alir Penelitian..... | 21 |
| 3.2.1. Studi Literatur | 22 |
| 3.2.2. Perancangan dan Pemasangan Sensor..... | 22 |
| 3.2.3. Pengambilan Data | 22 |
| 3.2.4. Perhitungan Nilai Daya Listrik, Energi dan Hambatan | 23 |
| 3.2.5. Pengolahan dan Analisa Data..... | 23 |
| 3.2.6. Penulisan Skripsi..... | 23 |
| 3.3. Prosedur Penelitian | 23 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 28 |
| 4.1. Konfigurasi Sistem | 28 |
| 4.2. Hasil Pengukuran | 29 |
| 4.2.1. Pengukuran Tegangan..... | 30 |
| 4.2.2. Pengukuran Arus | 32 |
| 4.3. Analisis Hasil Pengukuran | 34 |
| 4.3.1. Analisis Arus-Tegangan..... | 35 |
| 4.3.2. Perhitungan Nilai Arus di Sisi Sekunder | 35 |
| 4.4. Analisis Daya dan Energi | 40 |
| 4.4.1. Perhitungan Nilai Daya Listrik | 40 |
| 4.4.2. Perhitungan Nilai Energi..... | 41 |
| 4.5. Analisis Tegangan Sekunder Terhadap Arus Primer | 43 |
| 4.6. Daya dan Energi pada Tegangan Sekunder terhadap Arus Primer | 47 |
| 4.6.1. Perhitungan Nilai Daya Listrik | 48 |
| 4.6.2. Perhitungan Nilai Energi..... | 49 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... | 50 |
| 5.1. Kesimpulan..... | 50 |
| 5.2. Saran | 51 |
| DAFTAR PUSTAKA | 52 |
| LAMPIRAN..... | 54 |
| Lampiran 1 Dokumentasi Penelitian | 55 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2. 1 Plasma Merupakan Fase Ke-Empat[14] | 10 |
| Gambar 2. 2 Grafik Masa Hidup Plasma[14] | 10 |
| Gambar 2. 3 <i>Inverter Boost</i> Modul 15 kV[16] | 12 |
| Gambar 2. 4 Sensor Arus ACS712[17] | 14 |
| Gambar 2. 5 CT2700 DMM <i>Probe</i> [18]..... | 15 |
| Gambar 2. 6 Intrustar ISDS2015[19] | 16 |
| Gambar 2. 7 Arduino UNO R..... | 16 |
| Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian | 21 |
| Gambar 3. 2 Gambar Skematik <i>Inverter Boost</i> Modul 15 kV[20] | 24 |
| Gambar 4. 1 Diagram Blok Pemasangan Sensor pada Sumber Plasma | 28 |
| Gambar 4. 2 Konfigurasi Sistem | 29 |
| Gambar 4. 3 Grafik V_p dan V_s | 30 |
| Gambar 4. 4 Grafik V_p dan V_s dengan simbol | 31 |
| Gambar 4. 5 Grafik I_p (dalam tegangan) Terbaca Sensor | 32 |
| Gambar 4. 6 Grafik I_p Sebenarnya | 33 |
| Gambar 4. 7 Grafik I_p Sebenarnya dengan Simbol..... | 34 |
| Gambar 4. 8 Grafik V_p dan I_p | 35 |
| Gambar 4. 9 Grafik I_s Hasil Perhitungan Hubungan Tegangan..... | 36 |
| Gambar 4. 10 Grafik Normalisasi I_s | 37 |
| Gambar 4. 11 Grafik Normalisasi I_s dengan Simbol..... | 37 |
| Gambar 4. 12 Grafik I_s dengan Hubungan Resistansi..... | 38 |
| Gambar 4. 13 Grafik Normalisasi I_s dengan Hubungan Resistansi | 39 |
| Gambar 4. 14 Gambar Plasma (a). Mati, (b). Nyala..... | 39 |
| Gambar 4. 15 Grafik Daya pada Sisi Sekunder..... | 40 |
| Gambar 4. 16 Grafik Daya pada Sisi Sekunder(diperbesar) | 41 |
| Gambar 4. 17 Grafik Histogram Energi | 42 |
| Gambar 4. 18 Grafik Histogram Energi (diperbesar) | 42 |
| Gambar 4. 19 Grafik Tegangan Sekunder dan Arus Primer..... | 43 |
| Gambar 4. 20 Grafik V_s dan I_p pada Beberapa Rentang Waktu (Diperbesar) ... | 45 |
| Gambar 4. 21 Grafik I_s perhitungan hubungan arus | 46 |
| Gambar 4. 22 Grafik I_s I_p | 47 |
| Gambar 4. 23 Grafik I_s I_p (Diperbesar) | 47 |
| Gambar 4. 24 Grafik Daya Listrik..... | 48 |
| Gambar 4. 25 Grafik Energi | 49 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2. 1 Keterangan Daerah Grafik Masa Hidup Plasma[14]..... | 11 |
| Tabel 2. 2 Komponen pada Modul Rangkaian <i>Inverter Boost</i> Modul 15 kV | 13 |
| Tabel 2. 3 Spesifikasi Umum Arduino UNO R3..... | 17 |
| Tabel 2. 4 Spesifikasi Pin Arduino UNO R3 | 17 |
| Tabel 2. 5 Daftar Special Pin Arduino UNO R3 | 18 |
| Tabel 3. 1 Parameter <i>Inverter Boost</i> Modul 15 kV[20] | 24 |
| Tabel 3. 2 Tabel Hasil Pengukuran Resistansi Konstan..... | 24 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang Masalah

Plasma merupakan penamaan untuk gas terionisasi yang pertama kali dicetuskan oleh Irving Langmuir dan Lewi Tonks pada tahun 1928. Plasma didefinisikan sebagai gas yang terionisasi dalam lucutan listrik yang mana merupakan campuran dari ion negatif, ion positif, dan elektron. Plasma dapat terjadi ketika temperatur atau energi suatu gas dinaikkan sehingga memungkinkan atom – atom gas terionisasi akan membuat gas tersebut melepaskan elektron – elektronnya yang pada keadaan normal mengelilingi inti. Teknologi plasma dapat dimanfaatkan dari ruang – ruang sterilisasi medis sampai masalah – masalah jagat raya (astrofisika dan astronomi) [1].

Terdapat dua jenis plasma, yaitu plasma thermal equilibrium, dan plasma non-thermal equilibrium. Berdasarkan temperturnya, terdapat tiga jenis plasma, yaitu plasma dingin, plasma termik, dan plasma panas. Plasma dingin (*non-thermal equilibrium*), merupakan plasma yang memiliki temperatur gas yang relatif rendah, dan temperatur elektron yang tinggi. Plasma ini biasa digunakan untuk pembersihan polutan, dan pembentukan materi baru dan juga biasa digunakan pada bidang mikroelektronik. Plasma termik merupakan plasma yang memiliki temperatur partikel lebih dari 3000 K, dan temperatur elektron 105 K. Plasma ini biasa digunakan untuk pengelasan, pemotongan logam, dan lain – lain. Plasma panas merupakan plasma yang tersusun dari gas bertemperatur tinggi, temperturnya berada diatas 106 K. Plasma ini biasa digunakan untuk memproduksi energi. Plasma non-thermal dengan temperature elektron yang tinggi dan temperature gas yang rendah mengkonsumsi energi lebih sedikit pada pemanas gas dan juga efisien dalam memproduksi spesies reaktif[2][3].

Pada proses pembentukan plasma, memerlukan tegangan yang tinggi dan arus yang sesuai sehingga diperlukan sistem pemantauan tegangan dan arus yang akurat pada proses pembentukan plasma. Namun teknologi plasma di Indonesia sendiri masih kurang terlihat perkembangannya, hal ini dikarenakan masih terbatasnya para peneliti teknologi plasma ini. Dewasa ini teknologi plasma banyak

digunakan dalam berbagai bidang industri, seperti industri elektronik, material, kimia, dan obat-obatan, disamping itu, teknologi plasma juga mulai dimanfaatkan untuk mengolah limbah cair dan gas[4]. Pada tahun 2009, LIPI menggunakan teknologi plasma untuk mengatasi pencemaran lingkungan. Peneliti dari Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Anto Tri Sugiarto mengatakan, sebenarnya untuk menangani semua permasalahan pencemaran lingkungan cukup diatasi dengan teknologi plasma[5].

Tegangan tinggi adalah semua tegangan yang dianggap cukup tinggi oleh para teknisi listrik sehingga diperlukan pengujian dan pengukuran yang bersifat khusus dan memerlukan teknik-teknik tertentu. Pengukuran tegangan tinggi berbeda dengan pengukuran tegangan rendah, sehingga perlu penjelasan khusus mengenai pengukuran ini. Pengukuran arus dan tegangan sangat diperlukan dalam proses pembentukan plasma yang dihasilkan. Dalam praktiknya pengukuran tegangan tinggi masih menggunakan tenaga manual untuk mengukur arus, tegangan maupun daya dari sebuah suatu sumber[6]. Pada umumnya, tegangan tinggi terbagi dalam dua jenis, yaitu tegangan tinggi searah (Direct Current) dan tegangan tinggi bolak-balik (*Alternating Current*). Pengukuran tegangan tinggi pada umumnya masih dilakukan secara manual menggunakan alat pengukur tegangan tinggi, seperti multimeter, dan sebagainya yang mana sering terjadi kesalahan dalam pembacaan nilai hasil pengukuran atau sering terjadi error[7]. Selain perlunya tegangan tinggi, pada saat proses pembentukan plasma juga terdapat arus listrik. Oleh karena itu, diperlukan rangkaian monitoring yang tepat dari *output* data tegangan tinggi dan arus yang diberikan oleh sistem.

Dalam melakukan pengujian plasma di laboratorium penelitian, hal yang sangat diperlukan adalah keakuratan dalam pengukuran arus dan tegangan. Hal ini diperlukan karena dari hasil pengukuran yang didapatkan tersebut, akan digunakan untuk dianalisis lebih lanjut. Oleh karena itu, sebagai pengaplikasian pada sistem pemantauan kelistrikan ini, akan dibuat sistem pemantauan tegangan tinggi dan arus secara aslitime dan simultan, sehingga dapat meminimalisir kesalahan dalam pengukuran arus dan tegangan pada plasma khususnya dalam sumber tegangan tinggi dalam hal ini dengan media *Inverter Boost 15kV*.

1.2. Perumusan Masalah

Pembahasan masalah dari penelitian yang akan dilakukan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang pengukuran arus dan tegangan pada rangkaian media pembangkit plasma yang digunakan?
2. Bagaimana alat ini dapat mengambil nilai tegangan dan arus pada media sumber pembangkit plasma yang digunakan?
3. Bagaimana analisis pengaruh nilai arus dan tegangan yang keluar terhadap daya listrik, dan energi pada sisi sekunder yang dihasilkan?
4. Apakah jenis plasma yang digunakan pada penelitian?

1.3. Batasan Masalah

Dalam penelitian yang akan dilakukan ini ada beberapa batasan masalah, agar penelitian ini tidak melenceng dari tujuan yang sudah di rencanakan, yaitu :

1. Arus dan tegangan yang akan di pantau berasal dari *Inverter Boost* yang dibangkitkan dari baterai *lithium ion* 3.7 volt, dengan *output* yang tertera pada keterangan maksimal modul adalah 15kV.
2. Pemantauan terbatas pada tegangan dan arus pada sisi primer *Inverter Boost* dan tegangan pada sisi sekunder, dikarenakan keterbatasan alat yang menyebabkan arus dari sisi sekunder tidak dapat dipantau.
3. Perangkat keras yang digunakan untuk menampilkan, dan pengambilan data keluaran dari plasma adalah Intrustar ISDS205 yang merupakan *PC-Oscilloscope*. Sensor arus yang digunakan adalah Sensor Arus ACS712.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari dilaksanakannya penelitian ini adalah:

1. Berhasil memantau nilai tegangan dan nilai arus tegangan tinggi pada media *Inverter Boost* pada sisi primer maupun sekunder.
2. Mendapatkan data hasil keluaran dari arus dan tegangan yang kemudian akan dianalisis lebih lanjut untuk penelitian selanjutnya.
3. Melakukan analisis pada nilai tegangan dan nilai arus yang sudah didapatkan berfokus pada pengaruh arus dan tegangan pada plasma, daya listrik, dan energi yang dikeluarkan pada sisi sekunder.

4. Mengklasifikasikan jenis dari plasma yang digunakan pada penelitian ini dengan media *Inverter Boost* 15kV.

1.5. Manfaat Penelitian

Berdasarkan beberapa tujuan penelitian yang hendak dicapai, maka penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat seperti berikut ini :

1. Terciptanya sistem pemantauan arus dan tegangan pada rangkaian sumber penghasil plasma.
2. Mengetahui kinerja pengukuran arus dan tegangan pada rangkaian sumber penghasil plasma.
3. Sebagai bentuk perkembangan dalam penelitian mengenai plasma secara lebih lanjut terutama dalam bidang *nanopartikel*.

1.6. Sistematika Penulisan

Penulisan laporan penelitian ini akan dilakukan dalam lima bab yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi penjelasan mengenai latar belakang masalah, persamaan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi penelitian sebelumnya, teori-teori mengenai dasar dasar teori tentang Plasma, Tegangan Tinggi, Tegangan, Arus, Daya Listrik, Energi, Transformator dan Pembagi Tegangan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi mengenai sumber data, bahan dan alat penelitian, data penelitian, serta prosedur penelitian beserta penjelasan mengenai metode simulasi yang dilakukan. Untuk metodenya terdiri dari serangkaian tahap seperti, perancangan sistem, pemantauan, perancangan fisik dari sistem ini.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi pembahasan mengenai hasil dari pengambilan data serta analisa mengenai pemecahan masalah, pembahasan mengenai pengaruh tegangan dan arus pada modul plasma yang digunakan dan pemilihan perhitungan arus di sisi sekunder dengan menggunakan 2 *input* yaitu berdasarkan tegangan dan berdasarkan nilai resistansi.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari seluruh rangkaian penelitian serta analisa yang telah dilakukan. Terdapat pula saran-saran yang diberikan untuk peneliti selanjutnya pada bab ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Sebelumnya

Sistem pemantauan arus dan tegangan pada plasma merupakan teknologi yang dikembangkan untuk membantu teknisi dalam melakukan pengawasan kondisi *source* tegangan yang bertujuan untuk menjaga *source* agar dapat terdeteksi karena kelalaian dalam hal pengecekan. Terdapat beberapa penelitian yang memiliki keterkaitan dengan penelitian ini. Penelitian sebelumnya lebih membahas tentang pengaplikasian plasma dibanding analisis secara mendalam terhadap arus dan tegangan pada plasma, penelitian sebelumnya juga tidak menjelaskan lebih lanjut tentang pengaruhnya terhadap komponen yang digunakan. Pada umumnya plasma menggunakan gas tertentu sehingga banyak pengaruh dan variabel yang dimasukkan.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Hidayat Nur Isnianto[8] menjelaskan tentang pemantauan kondisi pada jaringan listrik satu fasa dengan mengukur besar tegangan, arus dan daya yang digunakan untuk untuk perbaikan faktor daya secara otomatis untuk jaringan tersebut dengan menggunakan arduino sebagai prosesor, sensor Sensor Tegangan ZMPT 101B, Sensor Arus ACS 712 30A, dan Sensor Cos Phi. Penelitian ini menghasilkan kesimpulan antara lain, Sensor arus ACS 712 30A mampu membaca arus dari 0-30 A, sensor tegangan ZMPT 101B mampu melakukan pembacaan tegangan AC baik dalam kondisi berbeban maupun tanpa beban.

Pada penelitian Kasih, T. P. d.k.k[9] menjelaskan tentang manfaat plasma untuk modifikasi permukaan material. Dengan analisis – analisis mengenai plasma dingin, menjelaskan tentang manfaat dari plasma dingin itu sendiri terhadap kelanjutan penelitian potensial plasma mengenai material. Plasma yang dihasilkan diberikan aliran gas argon, sehingga menghasilkan *plasma torch*.

Pada penelitian yang dilakukan Zhu, Jiajian. d.k.k[10] menganalisis tentang *gliding arc discharge plasma* pada tekanan atmosfer dengan tegangan yang memiliki arus bolak-balik. Analisis pada *paper* ini cukup lengkap, yaitu menganalisis arus dan tegangan pada grafik yang kemudian dibagi menjadi tiga

bagian analisis, sehingga data yang dianalisis lebih spesifik. Data grafik tegangan dan arus tersebut dilengkapi dengan gambaran plasma yang terjadi yang direkam menggunakan kamera berkecepatan tinggi, sehingga analisis mengenai arus dan tegangan dapat dibuktikan sesuai dengan plasma yang dihasilkan. Dilengkapi dengan perhitungan daya aktif dan impedansi pada kolom plasma, serta perhitungan temperatur elektron dan kepadatan elektron menggunakan BOLSIG+ Simulation Boltzmann Solver.

Pada penelitian Xuechen, Li. d.k.k[11] menganalisis mengenai fenomena *transverse discharge*. Penelitian ini menganalisis karakteristik arus dan tegangan pada saat perubahan selama terjadinya plasma. Plasma yang dihasilkan diberikan aliran udara sehingga menjadi pelepasan melintang (*transverse discharge*). Aliran udara yang diberikan, diletakkan secara tegak lurus dengan plasma. Penelitian ini meneliti parameter plasma, seperti temperatur elektron, temperatur rotasional, vibrasional temperatur, dan juga kepadatan elektron.

Pada penelitian yang dilakukan Kong, Chengdong. d.k.k[12] dilakukan untuk memberikan pemahaman yang lebih baik mengenai *glow mode-gliding arc* (GM-GA) yang dihasilkan pada udara atmosfer. Konservasi elektron dan keseimbangan energi dari GM-GA discharge dipertimbangkan untuk membangun model arus-tegangan yang terpusat untuk analisis karakteristik pelepasan, sifat dinamis kepadatan arus, dan disipasi energi[12]. Sistem yang digunakan tetap menggunakan analisis terhadap grafik arus dan tegangan beserta kamera berkecepatan tinggi.

Penelitian Pei Yan.[13] menganalisis tentang karakteristik negatif corona dengan aliran arus searah (*direct current*) pada temperatur yang tinggi dengan konfigurasi lucutan kabel-plat. Menganalisis arus-tegangan termasuk corona onset/spark tegangan, rentang tegangan operasi, dan komposisi arus korona. Sistem yang digunakan terdiri dari tegangan tinggi DC negative dengan tegangan operasi 0-30 kV, lucutan korona dengan sistem konfigurasi kabel-plat, sistem perapian dengan pengatur temperatur, serta sistem pengukuran yang terdiri dari pengukuran tegangan tinggi, dan pengukuran arus pada sisi sekunder.

Tabel 2. 1 Penelitian Sebelumnya

| Ref. | Jenis Plasma | Sistem Alat | Hasil Analisis |
|---------------|--|--|--|
| Isnianto[8] | | Sensor Tegangan ZMPT 101B Sensor Arus ACS 712 30A | Sensor yang digunakan dapat membaca nilai arus dan tegangan dengan error relatif kecil dengan atau tanpa beban. |
| Tota Pirdo[9] | <i>Plasma Torch glow discharge (Cold Plasma)</i> | Menggunakan HVPS (<i>High Tegangan Power Supply</i>) dengan tegangan yang dihasilkan mencapai 18 – 20 kV Plasma dialiri 3 L/min gas argon | Pengembangan sistem plasma untuk material. Menjelaskan potensi dari plasma dingin untuk dikembangkan lebih lanjut. |
| Zhu[10] | <i>Gliding Arc Discharge (Cold Plasma)</i> | $V_p = 3 - 12$ kV Arus (I) = 0,2 mA Frequency (f) = 35 kHz | Grafik arus dan tegangan, data gambar dari kamera kecepatan tinggi, temperatur elektron dan kepadatan elektron dari BOLSIG ⁺ |
| Li[11] | <i>Transverse Discharge (Cold Plasma)</i> | $V_p = 2,1$ kV Arus (I) = 57 mA Frequency (f) = 59 kHz Air flow rate 1.0 – 4.1 L/min. Menggunakan ICCD (<i>Intensive Charge-Coupled Device</i>), dan kamera digital | Menganalisis <i>transverse discharge</i> beserta penelitian mengenai karakteristik dan parameter pada saat terjadinya plasma. |
| Chengdong[12] | <i>Glow Mode Gliding Arc Discharge (Cold Plasma)</i> | Frequency = 35 kHz Dioperasikan dengan model arus-tegangan yang disamakan. <i>High Speed Camera</i> | Memberikan pemahaman mengenai GM-GA, dijelaskan melalui nilai kepadatan arus dan analisi terhadap disipasi energi. |
| Pei Yan[13] | <i>Corona Discharge</i> | <i>Negative DC Power Supply</i> 0-30kV Konfigurasi Kabel-Plat Sistem Perapian dengan temperatur yang dapat diatur. Pengukuran tegangan tinggi dan pengukuran arus sekunder. | Karakteristik lucutan korona negatif DC pada temperatur tinggi, dan juga menganalisis karakteristik korona berdasarkan bentuk elektroda. |

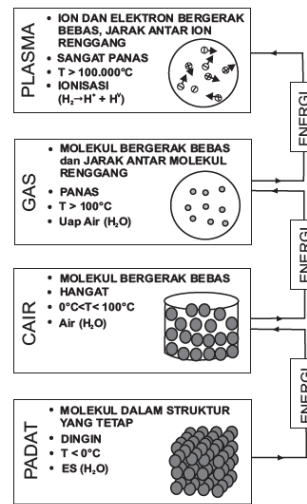
| | | | |
|-----------|-------------------------|--|---|
| Yan M.P.P | <i>Corona discharge</i> | Sensor arus ACS712 5A <i>Probe DMM CT2700</i> <i>PC Osiloscope</i> Intrsutar <i>Inverter Boost 15kV</i> | Didapatkan hasil nilai arus primer dan tegangan primer sekunder Analisis berupa nilai arus sekunder menggunakan 2 metode perhitungan, analisis daya dan energi pada tiap <i>peak</i> |
|-----------|-------------------------|--|---|

2.2. Teknologi Plasma

Ketika udara terionisasi, udara berperan sebagai media *konduktif*. Proses ionisasi adalah fenomena yang berhubungan dengan pelepasan elektron dari atom sehingga menciptakan sepasang partikel bermuatan negatif dan positif. Sifat listrik dari gas terionisasi tergantung pada kepadatan partikel bermuatan. Salah satu perbedaan yang paling penting antara gas terionisasi dan media lain adalah bahwa interaksi antara partikel bermuatan berdasarkan hukum *Coulomb* menentukan dinamika gas. Gas terionisasi mampu menghantarkan arus.

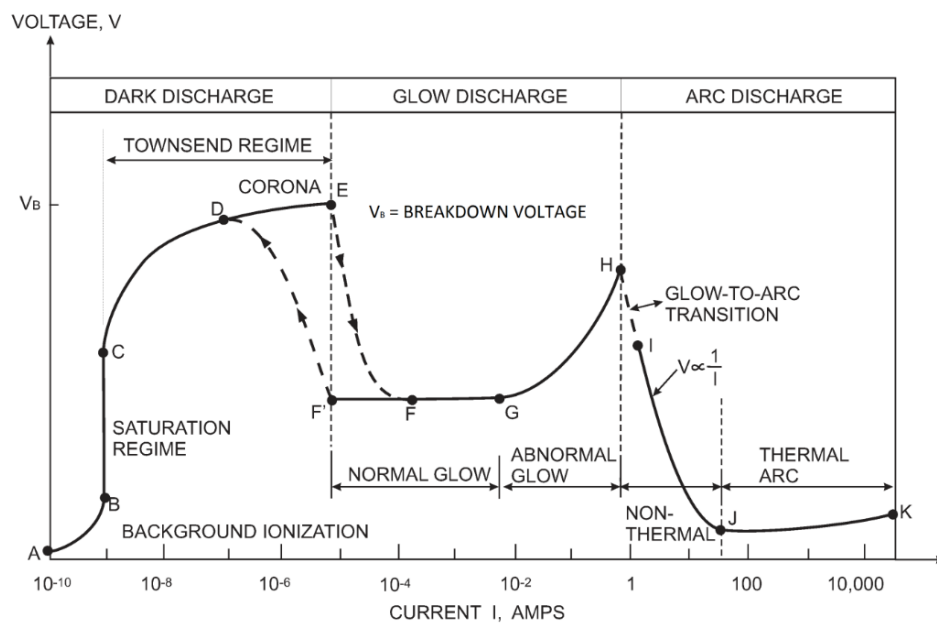
Plasma pertama kali ditemukan pada tahun 1928 oleh ilmuwan Amerika Irving Langmuir dan Lewi Tonks dalam eksperimennya yaitu *tungsten fillamen*. Mereka mendefinisikan plasma sebagai gas yang terionisasi. Plasma dibuat menggunakan tegangan listrik dengan cara menghadapkan dua buah elektroda di udara yang bebas. Udara adalah isolator listrik namun apabila kedua elektroda diberikan tegangan listrik yang cukup tinggi kira-kira 10kV maka sifat konduktor akan muncul pada media udara diantara elektroda. Plasma merupakan fase ke-empat setelah fase padat, cair, dan gas. Plasma dapat terjadi ketika temperatur atau energi suatu gas dinaikkan sehingga memungkinkan atom – atom gas terionisasi akan membuat gas tersebut melepaskan elektron – elektronnya yang pada keadaan normal mengelilingi inti[1]. Plasma dapat dibuat dengan cara memanfaatkan tegangan listrik, contohnya dengan menghadapkan dua buah elektroda di udara bebas, dalam hal ini udara merupakan isolator listrik, yang mana definisi dari isolator itu sendiri merupakan materi yang tidak dapat menghantarkan listrik. Pada kedua elektroda dipasang tegangan yang cukup tinggi, sehingga sifat konduktor

akan muncul pada udara diantara kedua elektroda dan bersamaan dengan hal itu, arus listrik mulai mengalir diantara kedua elektroda, sehingga membentuk *arc*.



Gambar 2. 1 Plasma Merupakan Fase Ke-Empat[14]

Pada saat terjadinya plasma, proses pembangkitan sampai terjadinya *arc* terbagi menjadi tiga bagian berdasarkan jumlah arus yang melaluinya. Tiga bagian tersebut adalah *dark discharges*, *glow discharge*, dan *arc discharge*[14]. Teknologi plasma ini juga dapat diterapkan pada tekanan atmosfer. Beberapa teknik, misalnya, corona, lucutan penghalang dielektrik (DBD), dan pelepasan busur, telah dikembangkan untuk diterapkan pada tekanan atmosfer[10].



Gambar 2. 2 Grafik Masa Hidup Plasma[14]

Tabel 2. 2 Keterangan Daerah Grafik Masa Hidup Plasma[14]

| | |
|-----|--|
| (1) | Dark Discharges |
| | (A) Background ionization |
| | (B) The saturation regime |
| | (C) The Townsend regime |
| | (D) Corona discharges |
| | (E) Electrical breakdown |
| (2) | Glow discharges |
| | (F) The normal glow discharges |
| | (G) The abnormal glow discharges |
| (3) | <i>Arc</i> discharges |
| | (H) The glow-to- <i>arc</i> transition |
| | (I) Nonthermal <i>arcs</i> |
| | (J) Thermal <i>arcs</i> |

Plasma pada tekanan atmosfer atau biasa disebut *Atmospheric Pressure Plasma* (APP), plasma pada tekanan atmosfer mempertahankan sifat yang sama dengan plasma bertekanan rendah, dan tidak memerlukan fasilitas vakum yang rumit. Berdasarkan temperatur relatif pada electron, ion dan netral, APP diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu kesetimbangan termal (*thermal equilibrium*), kesetimbangan termal lokal (*local thermal equilibrium*), dan kesetimbangan non-termal (*non-thermal equilibrium*). Plasma kesetimbangan non-termal pada tekanan atmosfer atau biasa disebut *Atmospheric Pressure Non-Thermal Plasma* (APNTP) dapat diaplikasikan secara luas, seperti perawatan asap knalpot, pemurnian air, sterilisasi, endapan dan sintesis material, kontrol aliran, dan sebagainya[15].

Pada umumnya, terdapat dua jenis plasma, yaitu plasma *thermal equilibrium*, dan plasma *non-thermal equilibrium*. Plasma *thermal equilibrium* merupakan plasma yang terjadi dalam keadaan kesetimbangan termal, sedangkan plasma *non-thermal equilibrium* adalah plasma yang terjadi dalam keadaan ketidakseimbangan termal. Jenis – jenis plasma tersebut terbagi lagi menjadi tiga jenis berdasarkan temperaturnya, yaitu plasma panas, plasma termik, dan plasma dingin. Plasma panas, merupakan plasma yang tersusun dari gas bertemperatur tinggi yang temperaturnya mencapai diatas 10^6K . Plasma panas biasa digunakan untuk memproduksi energi. Plasma dingin (*non-thermal equilibrium*), merupakan plasma yang memiliki temperatur gas yang relatif rendah, dan temperatur elektron yang tinggi. Plasma ini biasa digunakan untuk pembersihan polutan, pembentukan materi baru, dan biasa digunakan pada bidang mikroelektronik. Yang ketiga adalah plasma termik. Plasma termik merupakan yang memiliki temperatur partikel lebih dari 3000K , dengan temperatur elektron semodular 10^5K . Plasma termik ini biasa digunakan untuk pengelasan, pemotongan logam, dan lain sebagainya.

2.3. Modul Rangkaian Pembangkit Plasma

Terdapat banyak metode dan modul rangkaian untuk menghasilkan plasma tegangan tinggi, salah satunya adalah dengan menggunakan modul *Inverter Boost* modul 15 kV. Definisi dari *Inverter Boost* itu sendiri adalah suatu rangkaian atau perangkat elektronika yang dapat mengubah arus listrik searah (DC) ke arus listrik bolak-balik (AC) pada tegangan dan frekuensi yang dibutuhkan sesuai dengan perancangan rangkaiannya. Pada penelitian ini, digunakan Baterai Lithium milik UNS sebagai *power supply* dari rangkaian modul *Inverter Boost* Modul 15 kV ini. Baterai lithium yang digunakan memiliki tegangan keluaran sebesar 3,6 V.



Gambar 2. 3 *Inverter Boost* Modul 15 kV[16]

Rangkaian pembangkit plasma tegangan tinggi yang digunakan adalah Rangkaian modul *Inverter Boost* Modul 15 kV. Rangkaian modul *Inverter Boost* Modul 15 kV ini terdiri dari transistor NPN, trafo, resistor 120 ohm, dan switch control. Berikut merupakan tabel mengenai spesifikasi dari 15 kV High Frequency DC High Tegangan *Arc Ignition Generator Inverter Step Up Boost Module 18650 DIY* modul U Core Transformer Suite 3.7 V.

Tabel 2. 3 Komponen pada Modul Rangkaian *Inverter Boost* Modul 15 kV[20]

| NO. | Component Name | PCB Marker | Parameter | QTY |
|-----|----------------|------------|----------------|-----|
| 1 | Transformer | T1 | 15KV | 1 |
| 2 | Diode | D1 | UF4007 | 1 |
| 3 | Transistor | NPN | N20 | 1 |
| 4 | Resistor | R1 | 120ohm | 1 |
| 5 | Screw | | M3*6mm | 1 |
| 6 | Switch | SW | | 1 |
| 7 | Male Pin | | 2P | 1 |
| 8 | Tie | | | 1 |
| 9 | PCB | | 4.2*3.2*0.16cm | 1 |

Karakteristik plasma yang dihasilkan oleh rangkaian *Inverter Boost* 15 kV ini adalah memiliki arus yang relatif kecil dengan ukuran hingga orde milliampere, dan memiliki tegangan yang tinggi hingga mencapai 15kV[20].

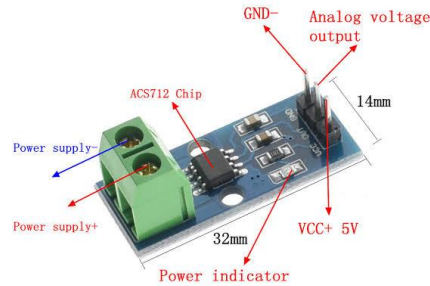
2.4. Pemakaian Sensor

Dalam melakukan pengukuran arus dan tegangan, terdapat beberapa komponen yang digunakan untuk mengukur besar tegangan dan arus yang keluar pada saat proses pembentukan plasma. Saat pembentukan plasma, tegangan yang diperlukan cukup tinggi, sedangkan arus yang dihasilkan kecil, bahkan bisa mencapai orde milliampere. Oleh karena itu diperlukan perancangan rangkaian sensor menggunakan komponen yang disesuaikan dengan karakteristik arus dan tegangan pada plasma. Beberapa komponen yang dimaksud adalah sebagai berikut.

2.4.1. Sensor ACS712

Sensor ACS712 adalah sensor pengukur arus, yang menggunakan konsep hall effect. *Hall effect Allegro ACS712* merupakan sensor yang presisi sebagai sensor arus AC atau DC dalam pembacaan arus didalam dunia otomotif, industri, komersil dan sistem – sistem komunikasi[17]. Terdapat tiga jenis sensor ACS712, yaitu sensor ACS712 dengan maksimal pengukuran 5A, 20A dan 30 A. Sensor ini

memerlukan *input* tegangan sebesar 5V untuk pengoperasiannya, dengan sensitifitas keluaran mulai dari 66-185 mV/A[17].



Gambar 2. 4 Sensor Arus ACS712[17]

Perangkat ini terdiri dari sirkuit Hall linear presisi, offset rendah, dengan jalur konduksi tembaga yang terletak di dekat cetakan. Arus yang diterapkan mengalir melalui jalur konduksi tembaga ini menghasilkan medan magnet yang diubah *IC Hall* menjadi tegangan proporsional. Akurasi perangkat dioptimalkan melalui kedekatan sinyal magnetik dengan transduser hall. Tegangan proporsional yang presisi disediakan oleh IC BiCMOS hall yang distabilkan dengan offset rendah.

Dalam penelitian ini, digunakan sensor ACS712 dengan rate 5A. Sensor ACS712 5A ini memiliki sensitifitas keluaran sebesar 185 mV/A dan maksimal arus yang diukur sebesar 5 A. Voltase yang keluar dari sensor, perlu dilakukan perhitungan kembali untuk mendapatkan nilai arus yang dibutuhkan. Keluaran perangkat memiliki kemiringan positif ($> VCC/2$) ketika arus yang meningkat mengalir melalui tembaga primer jalur konduksi (dari pin 1 dan 2, ke pin 3 dan 4), yaitu jalur yang digunakan untuk pengambilan sampel sensor. Hambatan internal dari jalur konduktivitas tipikalnya adalah 1.2 m Ω , memberikan rugi – rugi daya yang rendah.

Untuk nilai yang terbaca pada sensor yang masih berupa nilai tegangan, diperlukan persamaan untuk mengkonversi nilai tegangan tersebut menjadi nilai arus yang sebenarnya, persamaan tersebut dapat ditulis sebagai berikut,

$$I_p = \frac{(V_{read} - 2,5)}{0,185} \times 1000 \quad (2.1)$$

2.4.2. CT2700 40 KV High Tegangan DMM Probe

CT2700 *high* tegangan *DMM Probe* adalah alat yang dapat mengukur tegangan tinggi langsung ke sumber tegangan keluaran yang akan diukur. Alat ini memungkinkan multimeter digital standar untuk dapat mengukur tegangan mencapai 40 KV atau 28 KV AC[18]. Pengukuran pada alat ini adalah dengan rasio pembagian tegangan sebesar 1000:1 maka ketika alat ini membaca tegangan sebesar 1000 V, pada multimeter akan terbaca 1 V.



Gambar 2. 5 CT2700 DMM Probe[18]

2.5. Intrustar ISDS205

2.5.1. Intrustar ISDS205

Intrustar ISDS205 adalah osiloskop saluran ganda secara digital, dengan tujuan desain “biaya murah, dengan kinerja terbaik”[19]. Bandwidth dirancang dengan baik dengan 16 MHz, 48 MHz nilai sampel, dua saluran bolak-balik, dengan pola bolak-balik XT XY dari dua saluran *Virtual Oscilloscope*, *Spectrum Analyzer*, dan *Data Recorder*. Intrustar merupakan osiloskop digital (*PC-Oscilloscope*) yang memiliki 2 saluran keluaran untuk pembacaan data berbentuk gelombang sinusoidal pada *software Virtual Analyzer* yang akan digunakan untuk membaca data keluaran pada personal komputer. Data yang didapat, kemudian diolah menggunakan Microsoft excel.



Gambar 2. 6 Intrustar ISDS2015[19]

2.5.2. Multi Virtual Analyzer

Multi Virtual Analyzer adalah *software* untuk menampilkan hasil pengambilan nilai yang masuk ke intrustar. Terdapat beberapa pilihan mode pada *software* ini, yaitu:

a. Oscilloscope / Spectrum analyzer

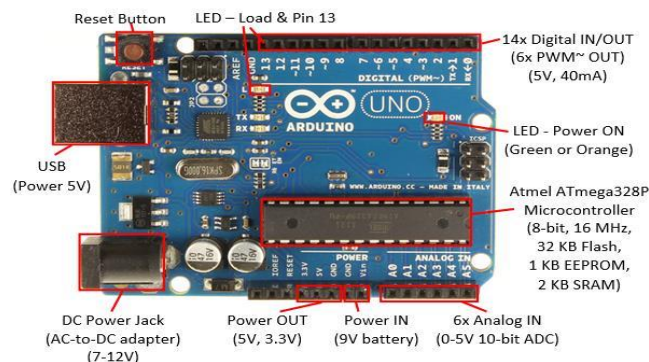
Osiloskop yang ditampilkan berupa program osiloskop digital yang muncul dilayar komputer dan memiliki fungsi seperti osiloskop pada umumnya.

b. Data Recorder

Data recorder adalah salah satu mode untuk menyimpan hasil pembacaan pada intrustar dalam bentuk gambar maupun format microsoft exceel untuk kemudian di olah lebih lanjut.

2.6. Arduino UNO R3

Arduino UNO R3 adalah board mikrokontroler dengan basis ATmega328P. Arduino Uno r3 ini memiliki 14 pin *input / output* digital (6 di antaranya dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 *input* analog, kristal kuarsa 16 MHz, koneksi USB, *input* power, header ICSP, dan tombol reset.



Gambar 2. 7 Arduino UNO R

Secara umum spesifikasi Arduino UNO R3 adalah sebagai berikut.

Tabel 2. 4 Spesifikasi Umum Arduino UNO R3

| | |
|---------------------------|--|
| Mikrokontroler | Microchip ATmega328P |
| Tegangan Operasi | 5v |
| Tegangan <i>Input</i> | 7-20v |
| Digital I/O Pins | 14 (6 diantaranya adalah PWM <i>output</i>) |
| Analog <i>Input</i> Pins | 6 |
| DC Current per I/O Pin | 20 mA |
| DC Current untuk 3.3v Pin | 50 mA |
| Flash Memory | 32 KB |
| SRAM | 2 KB |
| EEPROM | 1 KB |
| Clock Speed | 16 MHz |
| Panjang | 68.6 mm |
| Lebar | 53.4 mm |
| Massa | 25 g |

Arduino UNO R3 memiliki 16 Pin *Input*/Ouput. Untuk detail spesifikasi pin yang ada, dapat dilihat di tabel dibawah.

Tabel 2. 5 Spesifikasi Pin Arduino UNO R3

| | |
|-------|--|
| LED | Terdapat built in LED pada Arduino yaitu pada digital pin 13. Saat pin bernilai HIGH maka led akan menyala sementara saat LOW maka led akan mati |
| VIN | Merupakan <i>input</i> tegangan saat menggunakan sumber daya eksternal (koneksi USB dengan PC) |
| 5V | Pin untuk tegangan regulasi 5v |
| 3V3 | Pin untuk tegangan regulasi 3v3 |
| GND | Pin untuk ground |
| IOREF | Digunakan sebagai tegangan referensi untuk mikrokontroler |
| Reset | Untuk mereset program yang ada pada mikrokontroler |

Masing-masing dari 14 pin digital dan 6 pin analog pada Arduino Uno dapat digunakan sebagai *input* atau *output*, menggunakan fungsi pinMode, digitalWrite, dan digitalRead. Pin-pin tersebut beroperasi pada tegangan 5 volt. Setiap pin dapat menyediakan atau menerima 20 mA (sebagai kondisi operasi yang disarankan) dan memiliki resistor pull-up internal (terputus secara default) sebesar 20-50k ohm. Arduino Uno memiliki 6 *input* analog, dengan label A0 hingga A5, yang masing-masing memberikan 10 bit resolusi (yaitu 1024 nilai yang berbeda).

Untuk daftar special pin yang ada pada Arduino Uno R3 ini dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 2. 6 Daftar Special Pin Arduino UNO R3

| | |
|---|---|
| Serial / <u>UART</u> | Pin 0 sebagai receiver (RX) sementara pin 1 sebagai tranmitter (TX) |
| External Interrupts | Pin 2 dan 3 yang mana kedua pin ini dapat digunakan untuk melakukan interrupt pada saat rising and falling edge |
| <u>PWM</u> (Pulse Width Modulation) | 3, 5, 6, 9, 10 dan 11. Dapat melakukan 8 bit PWM dengan fungsi analogWrite() |
| <u>SPI</u> (Serial Peripheral Interface) | 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK) |
| <u>TWI</u> (Two Wire Interface) / <u>I²C</u> | A4 atau pin SDA dan A5 atau pin SCL |
| AREF (Analog REference) | Digunakan sebagai tegangan referensi untuk analog <i>input</i> |

2.7. Analisis Pengaruh Arus dan Tegangan

Pada beberapa penelitian mengenai plasma, selalu dilakukan pengukuran arus dan tegangan yang disebut pengukuran elektrik. Hal ini dilakukan untuk menganalisis karakteristik plasma yang dihasilkan. Terdapat beberapa karakteristik dari plasma dilihat dari warna dari plasma yang dihasilkan, temperatur dari plasma tersebut dan lain lain[14]. Karakteristik ini dibutuhkan untuk mengklasifikasikan plasma yang dihasilkan. Perbedaan jenis plasma yang dihasilkan, akan memberikan efek dan manfaat yang berbeda untuk pemanfaatan teknologi plasma yang akan dilakukan.

Pengambilan data yang dilakukan, menghasilkan data arus primer(I_p), data tegangan primer (V_p) dan data tegangan sekunder (V_s). Untuk mendapatkan persamaan persamaan trafo, diperlukan nilai arus sekunder (I_s). Sehingga analisis mengenai arus-tegangan dilakukan untuk mendapatkan nilai arus sekunder (I_s). Arus dan tegangan yang dihasilkan selama terjadinya plasma, dapat mengubah nilai resistansi pada komponen. Arus dan tegangan yang dihasilkan dan ditampilkan dalam bentuk grafik, dapat digunakan untuk menghitung besarnya nilai daya listrik dan energi yang dikeluarkan dari sumber plasma tersebut.

2.7.1. Daya Listrik

Daya listrik adalah besarnya tingkat energi dengan satuan watt (W) yang dikonsumsi pada sebuah rangkaian. besar nilai nilai pada daya listrik yang

dikonsumsi tergantung pada besar nilai tegangan dan nilai arusnya. Untuk perhitungan besar dari daya listrik yang dikonsumsi pada suatu sistem dapat di hitung dengan persamaan sebagai berikut,

$$P = V \cdot i \quad (2.2)$$

Persamaan tersebut dapat di submit dengan persamaan $i = \frac{V}{R}$, dan akan menjadi persamaan turunan sebagai berikut,

$$P = \frac{V^2}{R} \quad (2.3)$$

2.7.2. Energi

Energi yang dicari pada penelitian ini adalah energi ionisasi plasma dengan satuan joule (J) yang dibutuhkan bagi peralatan plasma untuk menciptakan plasma, dimana energi ini melepaskan energi ke udara saat terjadi perpindahan elektron dari satu elektrodake elektroda lain. Perhitungan enrgi ionisasi disinidihitung dengan arus listrik dengan satuan ampere (A) dan tegangan listrik dengan satuan volt (V) dengan ketentuan kebutuhan konsumsi daya listrik dengan satuan Watt (W), perhitungan untuk mendapatkan nilai dari energi ionisasi tersebut dapat dihitung persamaan sebagai berikut,

$$W = Q \cdot V \quad (2.4)$$

Dikarenakan $I = Q/t$ maka didapatkan persamaan:

$$W = V \cdot I \cdot t \quad (2.5)$$

Dan dikarenakan $V \cdot i = P$ makan didapatkan hubungan antara daya dan energi yaitu persamaan:

$$W = P \cdot t \quad (2.6)$$

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Sumber Data

Dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir ini, diperlukan berbagai data yang berguna untuk mendukung analisis penelitian. Data-data tersebut dapat diperoleh dengan berbagai macam metode penelitian. Adapun sumber data yang diperlukan pada tugas akhir ini diperoleh dengan beberapa metode penelitian yang dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Studi literatur

Melakukan studi sumber penelitian terhadap jurnal-jurnal, buku-buku, skripsi dan penelusuran melalui internet yang berhubungan dengan pengaruh nilai arus dan nilai tegangan pada proses pembentukan plasma, nilai daya listrik dan energinya yang kemudian digunakan untuk menemukan beberapa permasalahan lalu menyusun tujuan, membatasi permasalahan yang akan diselesaikan dan kemudian menyimpulkan hasil penelitian.

2. Pengambilan Data

Melakukan pengambilan data secara langsung menggunakan sensor yang diintegrasikan pada Modul berupa *Inverter Boost* 15kV sebagai media penelitian.

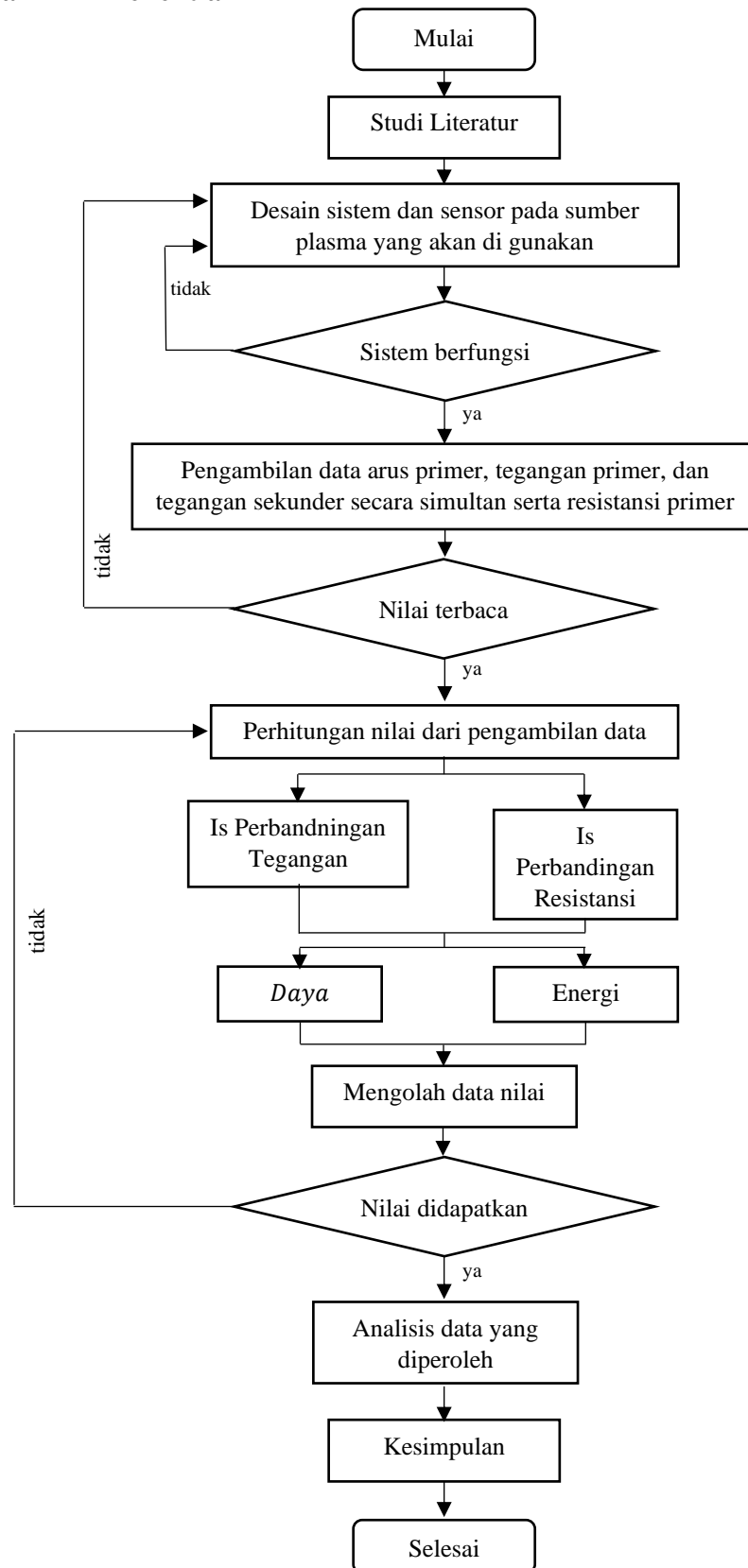
3. Perhitungan

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan persamaan persamaandasar untuk analisis daya, energi, dan hambatan yang ada pada sisi sekunder *Inverter Boost* 15kV.

4. Konsultasi

Penulis melakukan konsultasi dengan dosen pembimbing dan beberapa narasumber lain untuk membantu menyelesaikan masalah dalam pelaksanaan tugas akhir ini.

3.2. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2.1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mencari referensi, informasi dari penelitian serupa yang telah dilakukan sebelumnya. Studi literatur mengenai plasma ini bertujuan untuk mengetahui tentang karakteristik plasma, parameter plasma, metode dan cara pembangkitan plasma, serta komponen – komponen yang diperlukan untuk pembangkitan plasma. Referensi dan informasi yang didapat akan sangat membantu dalam keberlangsungan penelitian ini. Dengan melakukan studi literatur ini diharapkan dapat mengetahui prosedur yang akan dilakukan dalam melakukan penelitian ini.

Dalam penelitian ini, studi literatur juga diperlukan untuk memahami berbagai jenis sensor yang digunakan dalam pengambilan data. Pengambilan data menggunakan sensor arus dan sensor tegangan memerlukan informasi dalam penggunaan dan batasan – batasan yang terdapat di sensor, sehingga dengan studi literatur ini diharapkan dapat mengetahui sensor – sensor yang sesuai dengan penelitian ini.

3.2.2. Perancangan dan Pemasangan Sensor

Setelah dilakukan studi literatur, maka selanjutnya adalah perancangan dan pemasangan sensor pada modul rangkaian plasma. Berdasarkan referensi dan kumpulan *data sheet* dari rangkaian sensor yang digunakan, perlu penyesuaian dalam pengukuran arus dan tegangan pada sumber plasma. Perancangan dan pemasangan sensor yang tepat akan mempermudah dan menghasilkan data keluaran yang akurat sesuai dengan yang diinginkan.

3.2.3. Pengambilan Data

Setelah dilakukan perancangan dan pemasangan sensor dengan tepat, selanjutnya dilakukan pengambilan data. Pengambilan data menggunakan komponen yang sudah ditentukan dan dapat digunakan untuk merekam data keluaran arus dan tegangan secara akurat.

3.2.4. Perhitungan Nilai Daya Listrik, Energi dan Hambatan

Setelah mendapatkan data nilai arus dan tegangan, diperlukan data perhitungan besar nilai daya listrik, energi, dan hambatan. Analisis lebih lanjut mengenai plasma membutuhkan perhitungan daya dan energi ini.

3.2.5. Pengolahan dan Analisa Data

Setelah semua data telah didapatkan, selanjutnya dilakukan analisa data berdasarkan data grafik, dan data perhitungan yang didapatkan.

3.2.6. Penulisan Skripsi

Penulisan skripsi menggunakan Bahasa Indonesia sesuai Pedoman Umum Ejaan Bahasa Indonesia (PUEBI) yang baik dan benar. Format tata letak, penomoran, teknis, dan sitasi berdasarkan Buku Panduan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik UNS 2018.

3.3. Prosedur Penelitian

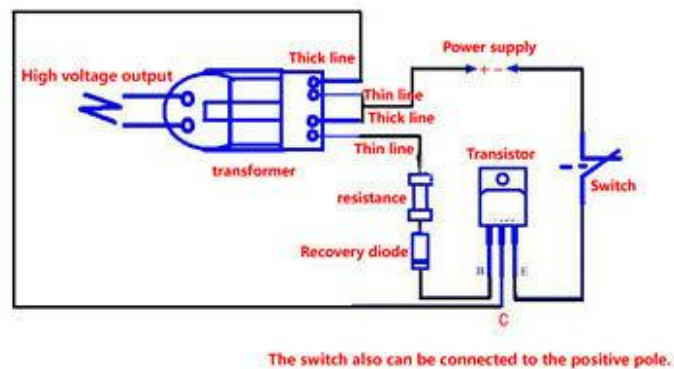
Adapun penjelasan secara urutan setiap tahap dalam melakukan penelitian ini adalah :

1. Membuat modul pembangkit plasma, modul pembangkit plasma yang digunakan pada penelitian ini adalah *15 KV High Frequency DC High Tegangan Arc Ignition Generator Inverter Step Up Boost Module 18650 DIY modul U Core Transformer Suite 3.7 V*, atau bisa juga disebut *Inverter Boost Modul 15 kV*. Modul ini menghasilkan tegangan cukup tinggi, dikarenakan terdapat *step-up transformer*. Plasma yang dihasilkan memiliki karakteristik nilai arus yang rendah hingga mencapai orde milliampere dengan tegangan yang dihasilkan mencapai 15 kV. Oleh karena itu bentuk plasma yang dihasilkan berbentuk seperti *glow-discharge*. Dalam proses pembentukan plasma, tidak digunakan tambahan gas lain, dalam arti hanya menggunakan udara sebagai isolator diantara kedua elektroda. Spesifikasi dari *15 KV High Frequency DC High Tegangan Arc Ignition Generator Inverter Step Up Boost Module 18650 DIY modul U Core Transformer Suite 3.7 V*.

Tabel 3. 1 Parameter *Inverter Boost* Modul 15 kV[20]

| No | Parameter | Value |
|----|------------------------|------------------|
| 1. | Power supply | 3,7 V – 4,2 V |
| 2. | Work Current | 2A (Max) |
| 3. | <i>Output</i> Tegangan | 15 KV (Max) |
| 4. | Arc Distance | 1.5 mm (Max) |
| 5. | PCB Size | 4,2 * 3,2 * 0,16 |
| 6. | PCB Material | FR4 |

Dengan skematik sebagai berikut,

**Gambar 3. 2** Gambar Skematik *Inverter Boost* Modul 15 kV[20]

2. Dalam melakukan analisa mengenai arus dan tegangan pada rangkaian *Inverter Boost* Modul 15 kV, diperlukan data resistansi konstan sebagai perbandingan analisa selanjutnya. Nilai resistansi konstan disini maksudnya adalah nilai resistansi dari trafo yang digunakan pada *Inverter Boost Modul 15 kV*, nilai resistansi tersebut didapatkan dengan cara pengukuran secara langsung menggunakan multimeter. Berikut merupakan data hasil pengukuran nilai resistansi konstan pada sisi primer (R_p) dan nilai resistansi konstan pada sisi sekunder (R_s), yang dilakukan sebanyak 5 kali.

Tabel 3. 2 Tabel Hasil Pengukuran Resistansi Konstan

| Pengukuran | $R_p(\text{ohm})$ | $R_s(\text{kohm})$ | $R_s(\text{ohm})$ |
|--------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| Pengukuran 1 | 0.8 | 0.811 | 811 |
| Pengukuran 2 | 0.7 | 0.81 | 810 |
| Pengukuran 3 | 0.9 | 0.81 | 810 |
| Pengukuran 4 | 0.8 | 0.809 | 809 |
| Pengukuran 5 | 0.6 | 0.81 | 810 |
| Rata-rata | 0.76 | 0.81 | 810 |

data hasil pengukuran tersebut, dapat dilihat perbandingan antara nilai Resistansi pada sisi primer dan resistansi pada sisi sekunder ($R_p:R_s$) adalah sebesar 1:1000.

3. Mendesain sistem berupa sensor ACS712 dan CT2700 *high* tegangan *DMM Probe*. Hal yang dilakukan dalam adalah membuat sistem dengan menentukan sensor yang digunakan untuk mengukur nilai arus dan nilai tegangan, setelah menemukan sensor yang cocok, sensor CT2700 *high* tegangan *DMM Probe* di pasang secara paralel pada sisi sekunder modul, sensor *Probe* dari intrustar di pasang secara paralel di sisi primer modul, kemudian sensor ACS712 dipasang secara seri pada sisi primer modul. Data yang terbaca oleh sensor masuk kedalam intrustar yang kemudian akan ditampilkan oleh Multi Virtual Analyzer pada layar komputer, data disimpan dengan format Microsoft Excel. Pengecekan pada sistem dilakukan berulang untuk memastikan bahwa sistem berfungsi dengan baik, jika belum mengulang proses perancangan sistem.
4. Data Microsoft Excel tersebut diamati dan dilakukan perhitungan nilai arus primer terlebih dahulu. Untuk pengolahan data keluaran dari sensor arus ini, perhitungan menggunakan acuan pada saat nilai arus = 0 pada sensor. Hal ini terjadi pada saat besar tegangan pada sensor mencapai nilai 2,5 V. Acuan lainnya adalah nilai sensitivitas sensor. Nilai sensitivitas sensor arus ACS712 5A adalah sebesar 185 mV/A. Dikarenakan keluaran dari sensor arus ACS712 merupakan tegangan proporsional, perlu dilakukan perhitungan kembali. Berdasarkan kedua acuan tersebut, maka didapatkan persamaan konversi nilai dari tegangan proporsional adalah sebagai berikut,

$$\text{Nilai Arus} = \frac{V_o - 2,5 \text{ V}}{0.185 \text{ mV/A}} \quad (3.1)$$

Dengan keterangan,

V_o = Tegangan *output* proporsional

2,5 V = Tegangan tengah

0,185 mV/A = Sensitivitas sensor

Kemudian *Nilai Arus* dibagi 1000 agar nilai yang ditampilkan menjadi orde milliampere (mA) untuk mendapatkan nilai arus yang sebenarnya.

5. Mengamati nilai tegangan yang terukur pada sisi primer dan sekunder modul, pada sisi primer menggunakan *Probe* pada inturstar dengan perbandingan nilai 1:1 tanpa adanya konversi ke nilai asli, sedangkan pada sisi sekunder menggunakan CT2700 *digital multimeter Probe* untuk menghindari kerusakan yang terjadi pada Intrustar ISDS205 sebagai *PC-Oscilloscope*, karena maksimal tegangan yang dapat diukur pada Intrustar ISDS205 adalah sebesar 35 V untuk konversi nilai digunakan persamaan sebagai berikut,

$$V_s = V_{output} \times 10000 \quad (3.2)$$

Dengan keterangan,

V_s = Tegangan pada sisi sekunder trafo

V_{output} = Tegangan yang diukur

6. Menghitung nilai arus sekunder berdasarkan nilai dari tegangan primer, tegangan sekunder, dan arus primer dengan perbandingan nilai trafo, dengan persamaan sebagai berikut,

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p} \quad (3.3)$$

Dari persamaan tersebut didapatkan persamaan selanjutnya sebagai berikut,

$$I_s = \frac{V_p \times I_p}{V_s} \quad (3.4)$$

Kemudian menghitung nilai arus sekunder berdasarkan nilai resistansi konstan yang telah diukur untuk mengidentifikasi ordo arus yang muncul dengan persamaan sebagai berikut,

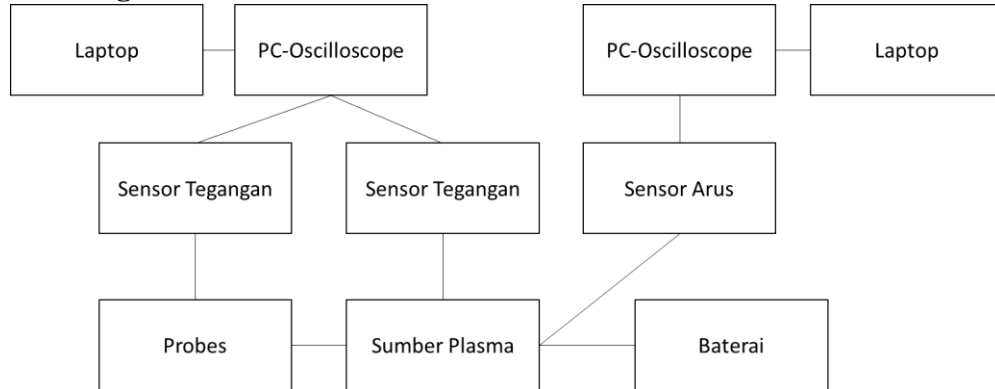
$$\frac{I_s^2}{I_p^2} = \frac{R_p}{R_s} \quad (3.5)$$

7. Menghitung nilai daya, energi, dan rugi daya dengan persamaan (2.2), (2.7), dan (2.4), mendapatkan satu varian data daya dan energi, kemudian menganalisis besar daya dan energi yang dikonsumsi pada modul yang digunakan.
8. Kemudian mengulang dari langkah no.3 untuk memastikan nilai yang digunakan adalah nilai asli dari media yang digunakan, pengulangan dilakukan dua sampai 3 kali.

9. Nilai dari hasil yang didapatkan dari perhitungan di bandingkan kemudian di lakukan analisis untuk melihat jenis plasma yang digunakan, nilai daya yang digunakan, dan energi yang dihasilkan atau digunakan.

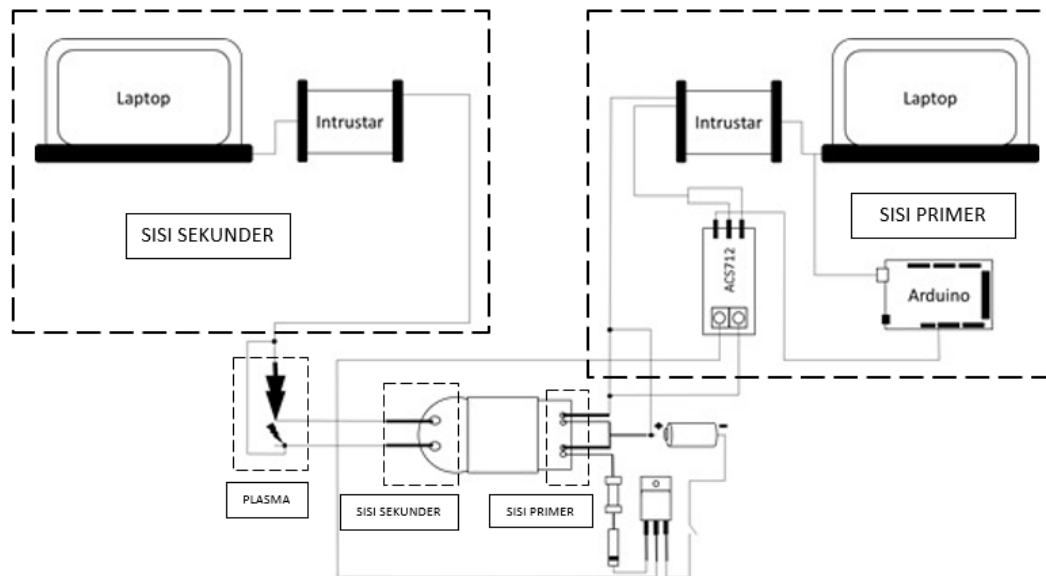
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Konfigurasi Sistem



Gambar 4. 1 Diagram Blok Pemasangan Sensor pada Sumber Plasma

Konfigurasi sistem yang digunakan dapat dilihat seperti pada gambar diatas, *Probe 1* dikoneksikan pada intrustar 1 pada *channel 1* dan di atur pada perbandingan 1:1 agar nilai tegangan yang dibaca berupa nilai asli. *Probe 1* dikaitkan pada *emitter(e)* untuk negatif *Probe 1* dan untuk positif *Probe* dikaitkan pada bagian *collector (c)* modul. *Probe 2* menggunakan sedimodul penyesuaian karena tidak didapatkan konektor yang tepat, *Probe 2* di integrasikan dengan CT2700 *high* tegangan *DMM Probe* yang memiliki ketahan pada tegangan tinggi, *Probe 2* dikaitkan pda sisi skunder dari modul, dengan memasangnya dibagian kabel yang mengeluarkan plasma saat dinyalakan. Pada intrustar 2 hanya digunakan 1 *channel*, disini *Probe* di integrasikan dengan sensor arus ACS712 untuk mengambil data arus yang nantinya akan dilakukan perhitungan dengan persamaan dari *datasheet* sensor itu sendiri karena data yang didapatkan baru berupa nilai tegangan dan harus di ubah ke nilai arus. Untuk konfigurasi lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar sebagai berikut:



Gambar 4. 2 Konfigurasi Sistem

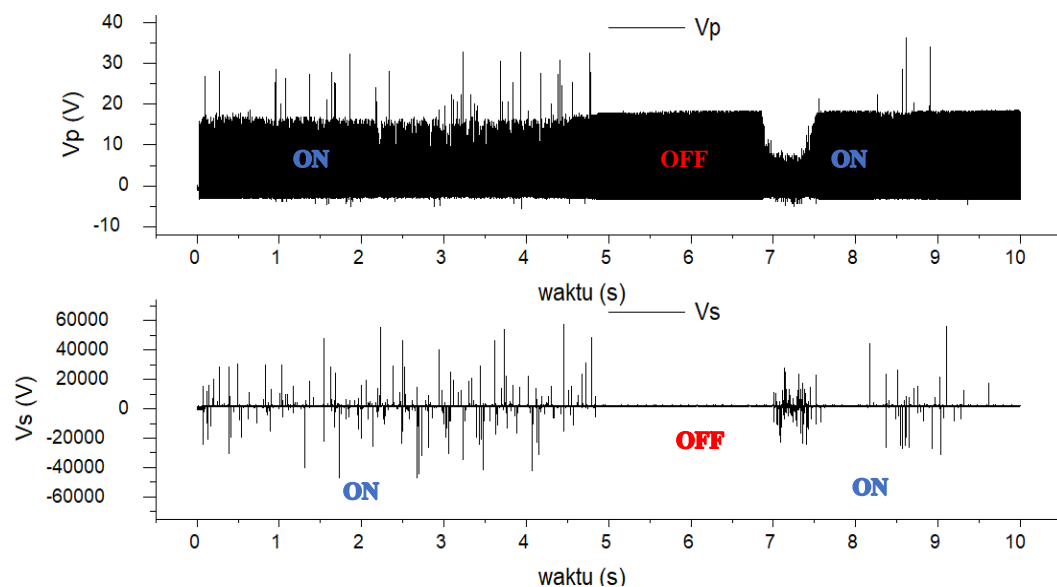
4.2. Hasil Pengukuran

Pengukuran yang dilakukan terhadap modul *Inverter Boost* Modul 15 kV ini sebagai rangkaian sumber penghasil plasma terdiri dari tiga pengukuran dasar yang dilakukan secara bersamaan (simultan), yaitu pengukuran arus pada sisi primer trafo (I_p), pengukuran tegangan pada sisi primer trafo (V_p), dan pengukuran tegangan pada sisi sekunder trafo (V_s). selain itu dilakukan juga pengukuran resistansi menggunakan multimeter untuk mengetahui nilai resistansi dari trafo yang ada pada modul pada saat keadaan modul sedang *off* (konstan). Data arus yang dibaca oleh sensor ACS712 merupakan data tegangan yang langsung dibaca oleh Intrustar sebagai *PC-Oscilloscope* yang disimpan data recorder dari intrustar, yang kemudian dikonversi menjadi data arus dengan nilai konversi berdasar *datasheet* sensor pada Microsoft Excel. Berikut juga dengan data tegangan pada sisi primer dan sisi sekunder trafo yang direkam oleh data *recorder* pada Intrustar. Pengukuran tegangan menggunakan *Probe* CT2700 pada sisi sekunder trafo, *Probe* CT2700 merupakan salah satu instrumen dari digital multimeter yang digunakan untuk menurunkan tegangan dengan rasio 1:1000.

Hasil dari pengukuran arus dan tegangan yang dilakukan, ditampilkan dalam bentuk grafik. Dari grafik yang didapatkan, akan dilakukan perhitungan-perhitungan dari nilai hasil arus dan tegangan yang didapatkan kemudian dilakukan analisis.

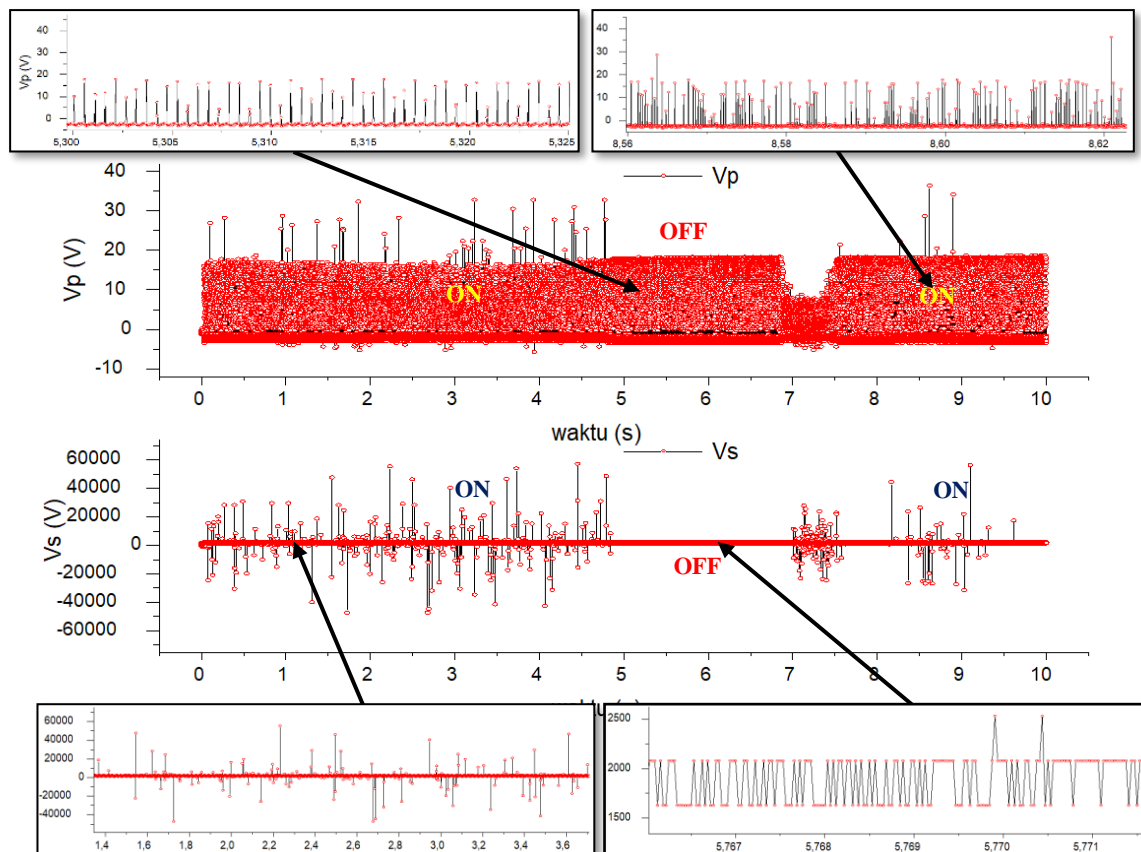
4.2.1. Pengukuran Tegangan

Pengukuran tegangan dilakukan pada dua sisi transformator pada *Inverter Boost* Modul 15 kV, sehingga data yang didapatkan merupakan data tegangan asli pada sisi primer (V_p) dan data tegangan pada sisi sekunder (V_s) yang harus dilakukan perhitungan kembali untuk mendapatkan nilai aslinya. Berikut merupakan hasil pengukuran tegangan yang ditampilkan dalam bentuk grafik.



Gambar 4. 3 Grafik V_p dan V_s

Untuk mempermudah melihat pola dari grafik tegangan tersebut digunakan simbol, dan menjadi seperti berikut:



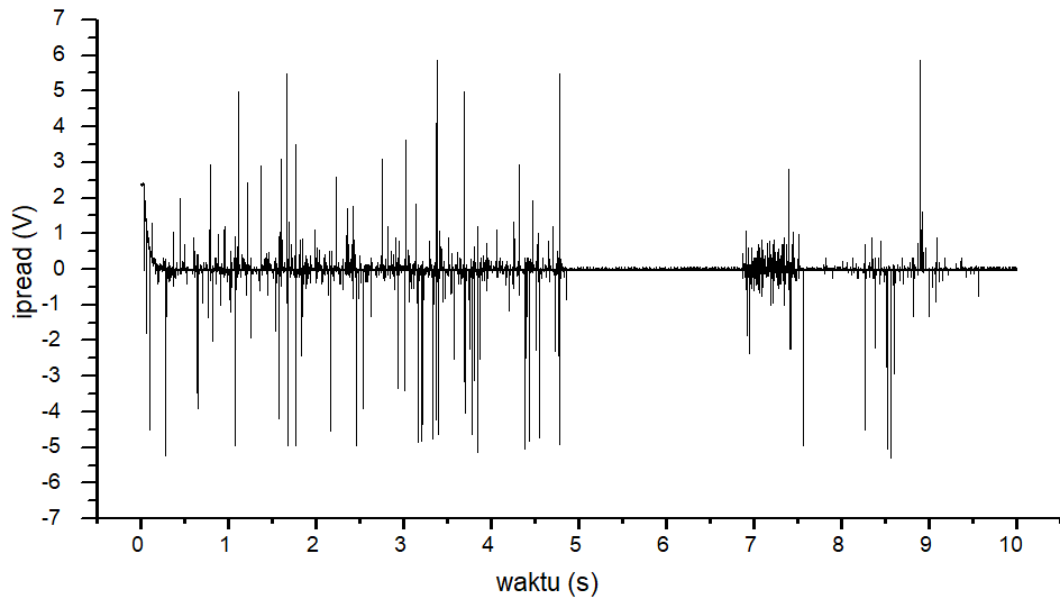
Gambar 4. 4 Grafik V_p dan V_s dengan simbol

Hasil dari pengukuran yang dilakukan pada nilai tegangan, didapatkan tegangan primer dengan nilai *peak* maksimal adalah 36,34 V dan nilai minimal adalah -5,71 V dan nilai tegangan sekunder dengan nilai maksimal adalah 57 kV dan nilai minimum adalah -47 kV. Data nilai yang didapatkan, menunjukkan bahwa perbandingan pada tegangan primer maupun tegangan sekunder memiliki nilai tegangan standar dengan di nilai sekitar 15 V dan sekitar 2 kV. Grafik diatas juga menunjukkan bahwa osilasi dari grafik terbentuk berdasarkan tegangan dasarnya dengan variasi *peak* yang nilainya sangat tinggi. Dari grafik juga dapat dilihat bahwa tegangan yang dihasilkan merupakan listrik AC (*Alternating Current*) dengan osilasi yang disebabkan oleh rangkaian. Nilai positif dan nilai negatif pada hasil pengukuran dikarenakan polaritas yang berubah – ubah saat proses terjadinya plasma.

Data dari nilai tegangan tersebut diambil secara berulang sebanyak tiga kali untuk melihat apakah nilai tegangan tersebut memiliki pola yang sama dan bisa dilakukan analisis lebih lanjut.

4.2.2. Pengukuran Arus

Pengukuran arus primer hanya dilakukan di sisi primer trafo *Inverter Boost Modul* 15kV dikarenakan tidak ditemukannya sensor arus yang dapat menahan nilai tegangan dari sisi sekunder. Berikut merupakan hasil pengukuran arus pada sisi primer trafo (I_p) yang ditampilkan dalam bentuk grafik.



Gambar 4. 5 Grafik I_p (dalam tegangan) Terbaca Sensor

Nilai diatas masih belum menjadi nilai arus primer sebenarnya, untuk mengubahnya menjadi nilai arus primer sebenarnya diperlukan perhitungan, berdasarkan *datasheet* dengan menggunakan persamaan (2.1) didapatkan nilai sebenarnya dari arus primer dengan perhitungan sebagai berikut:

$$1. I_p = \frac{2,35372 - 2.5}{0.185} \times \frac{1}{1000}$$

$$I_p = -0,00079071$$

$$2. I_p = \frac{2,39974 - 2.5}{0.185} \times \frac{1}{1000}$$

$$I_p = -0,00054197$$

$$3. I_p = \frac{1,61744 - 2.5}{0.185} \times \frac{1}{1000}$$

$$I_p = -00,477062$$

$$4. I_p = \frac{1,57142 - 2.5}{0.185} \times \frac{1}{1000}$$

$$I_p = -0,0501937$$

$$5. I_p = \frac{0,00681 - 2.5}{0.185} \times \frac{1}{1000}$$

$$I_p = -0,1347668$$

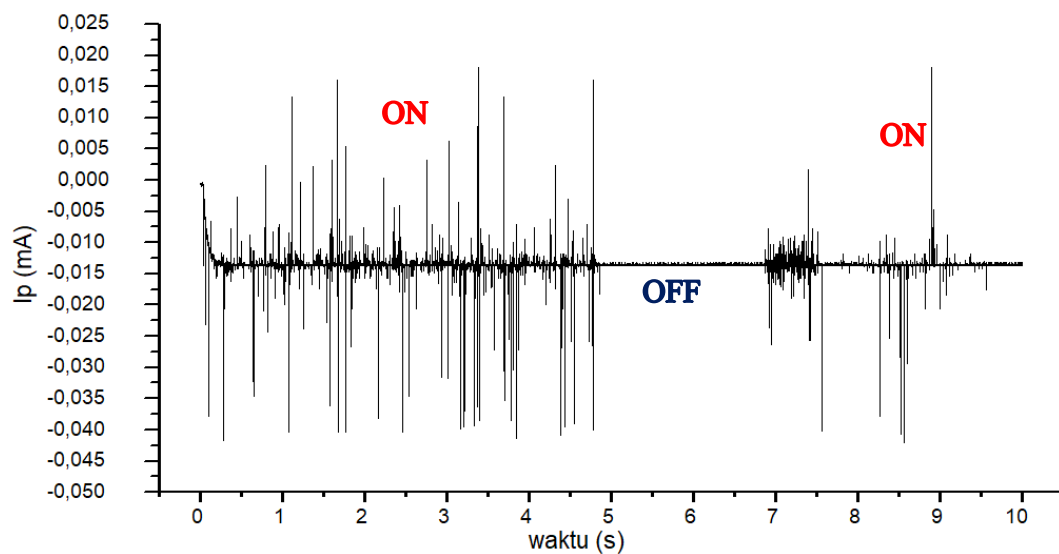
$$6. I_p = \frac{-0,0392 - 2.5}{0.185} \times \frac{1}{1000}$$

$$I_p = -0,1372542$$

.....

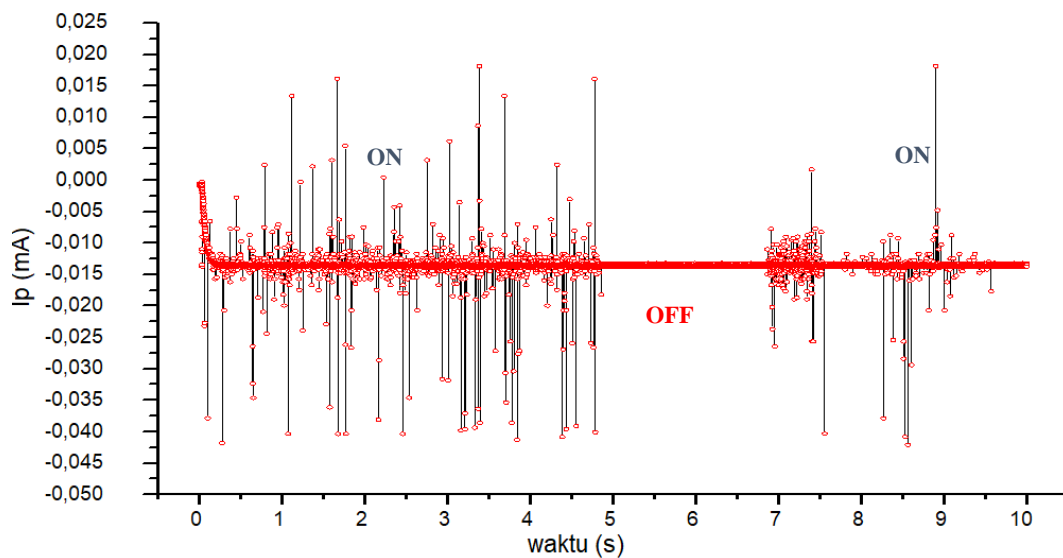
dan seterusnya hingga semua data selesai dilakukan perhitungan,

Dari perhitungan diatas didapatkan nilai arus primer sebenarnya yang ditampilkan dalam bentuk grafik sebagai berikut,



Gambar 4. 6 Grafik I_p Sebenarnya

Pada grafik tersebut, nilai arus yang didapatkan memiliki nilai negatif (-), hal ini dapat terjadi bisa dikarenakan pada saat pengukuran, penempatan sensor arus ditempatkan pada sisi negatif rangkaian *Inverter Boost* Modul 15 kV, dan atau disebabkan terbaliknya modul sensor ACS712 pada saat pemasangan. Untuk mempermudah melihat pola dari grafik arus tersebut digunakan simbol, dan menjadi seperti berikut:



Gambar 4. 7 Grafik I_p Sebenarnya dengan Simbol

Berdasarkan grafik, nilai arus primer paling tinggi berada pada nilai 0,018 mA, sedangkan nilai arus paling rendah berada pada nilai -0,42 mA. Selain itu terlihat bahwa terdapat pengaruh yang terjadi terhadap nilai arus pada sisi primer ketika sedang terjadinya plasma dan pada saat plasma padam. Contohnya pada saat transisi dari detik ke-4 sampai detik ke-5. Pada saat percobaan, plasma sengaja dipadamkan, dan kembali dinyalakan pada detik ke-7. Terlihat dari timbulnya *arc* mengakibatkan terjadi perubahan nilai arus, hal ini dapat disebabkan karena adanya induksi dari arus pada sisi sekunder transformator (I_s). Dengan menggunakan persamaan (3.4), akan didapatkan nilai arus sekunder (I_s).

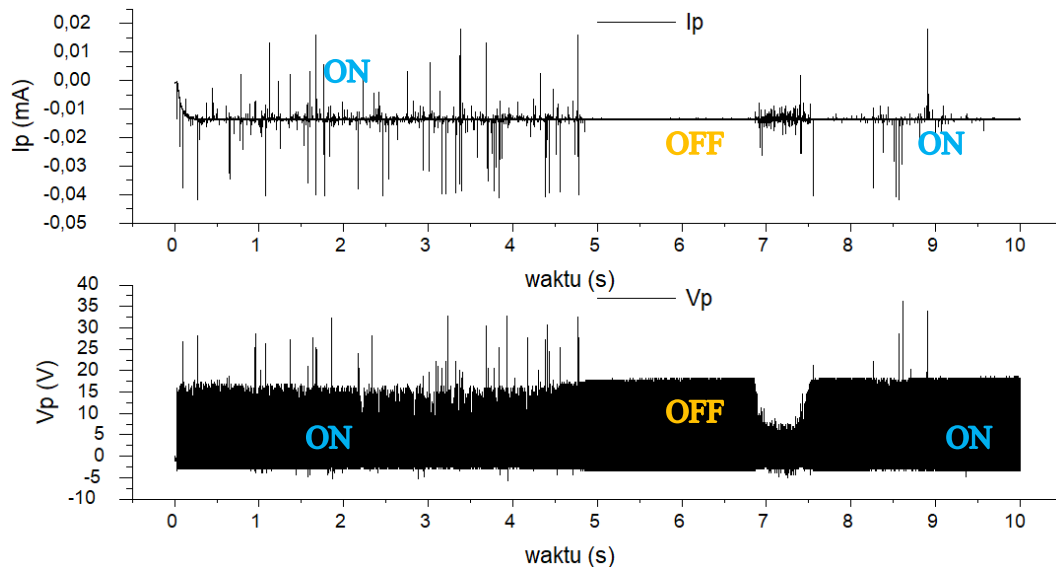
Untuk pengukuran arus pada sisi sekunder trafo (I_s), tidak dapat dilakukan pengukuran secara langsung dikarenakan tidak ditemukan sensor untuk mendeteksi arus dalam satuan yang sangat kecil dengan daya tahan tegangan yang tinggi, maka dilakukan prediksi dengan menggunakan beberapa metode perhitungan.

4.3. Analisis Hasil Pengukuran

Berdasarkan grafik dari hasil pengukuran yang didapat, terdapat keterkaitan antara arus dan tegangan yang terjadi. Pengaruh yang terjadi disebabkan karena adanya induksi, gerak gaya listrik (GGL), terjadinya *arc* pada kedua ujung elektroda, dan pengukuran yang dilakukan secara simultan.

4.3.1. Analisis Arus-Tegangan

Analisis arus dan tegangan di sini dilakukan dengan membandingkan dua grafik dari nilai arus primer dan tegangan primer yang terjadi. Pengukuran yang dilakukan dalam waktu 10 detik secara simultan di sandingkan dan dilihat pola dari grafik tersebut. Bentuk grafik arus dan tegangan ditampilkan sebagai berikut

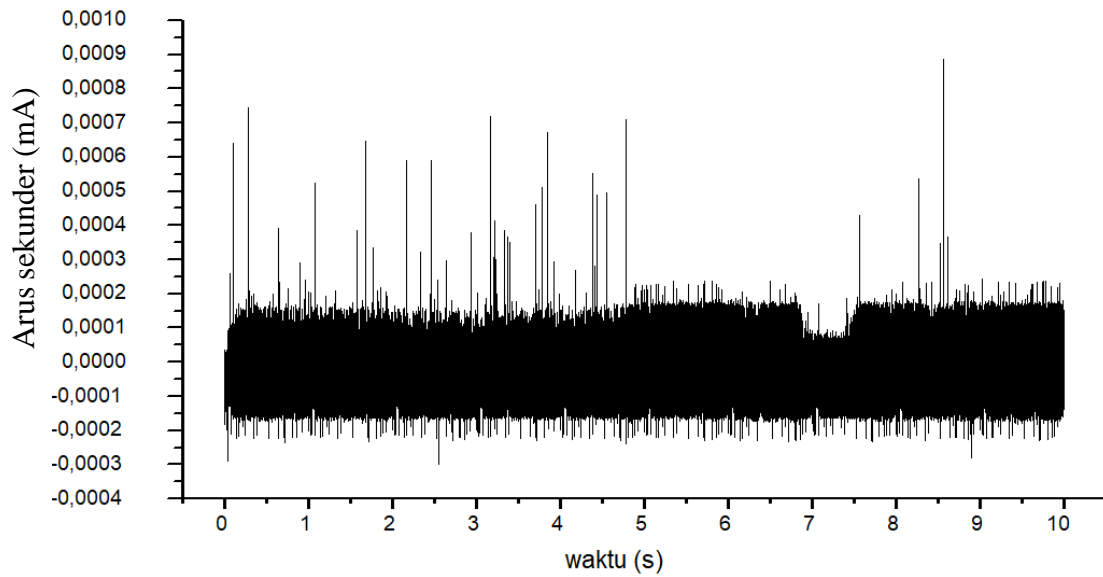


Gambar 4. 8 Grafik V_p dan I_p

Pada sisi primer, tegangan dan arus yang terjadi mendapat pengaruh dari adanya gerak gaya listrik (ggl) yang terjadi pada sisi sekunder. Dikarenakan *step-up transformer* adalah komponen yang digunakan untuk menaikkan tegangan. *Input* Tegangan pada sisi primer, melewati serangkaian komponen lain pada rangkaian yang ada pada *Inverter Boost Modul 15 kV*, yaitu diode, resistor, dan juga transistor NPN. Dengan tegangan dari baterai Lithium yang digunakan sebesar 3,7 V, sesuai pada data yang didapatkan bahwa tegangan yang masuk ke sisi primer trafo sebesar 15 V.

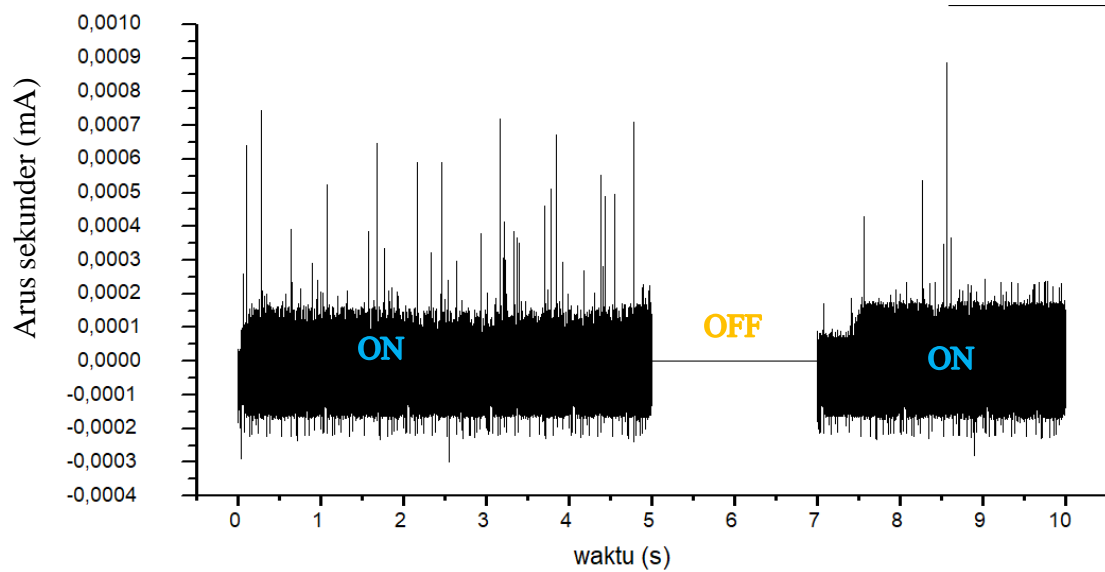
4.3.2. Perhitungan Nilai Arus di Sisi Sekunder

Perhitungan untuk nilai arus sekunder dilakukan dengan menggunakan persamaan (3.4). Nilai yang sudah didapatkan kemudian diolah dan ditampilkan dalam bentuk grafik seperti berikut:



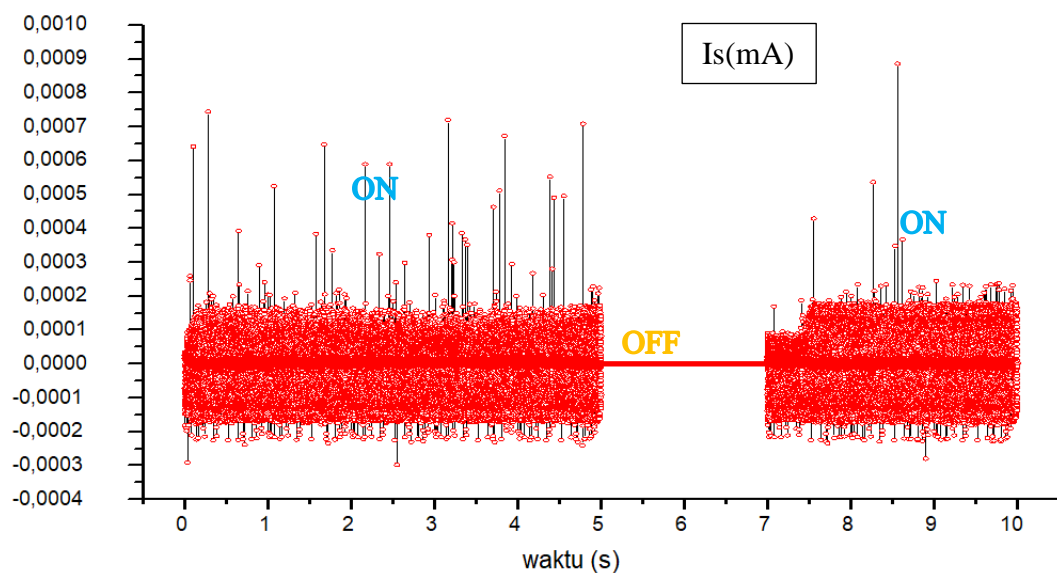
Gambar 4. 9 Grafik Is Hasil Perhitungan Hubungan Tegangan

Pada gambar grafik tersebut terlihat nilai yang muncul pada detik ke 5 sampai dengan detik ke 7, pada kurun waktu tersebut plasma sengaja tidak dihidupkan. Arus tidak akan mengalir atau bernilai 0 jika tidak ada media yang menghantarkan listrik, pada plasma yang digunakan sebagai penelitian ini medianya adalah udara yang terionisasi, arus melompat dari elektroda satu ke elektroda lain di sisi sekunder, hal tersebut terjadi karena arus pada sisi sekunder modul dihitung menggunakan persamaan perbandingan trafo dan bukan di ambil menggunakan sensor seperti pada sisi primer karena tidak menemukan sensor yang memiliki ketahanan tegangan yang tinggi mencapai 15 kV sesuai keterangan pada *datasheet* modul, hal ini menyebabkan hasil dari perhitungan menunjukkan banyak *noise* pada saat plasma dipadamkan, dimana disaat plasma padam, nilai arus yang seharusnya pada sisi sekunder adalah 0, dikarenakan tidak adanya plasma. Oleh karena itu, normalisasi dilakukan pada data yang digunakan pada grafik I_s , sehingga hasil yang didapatkan adalah sebagai berikut.



Gambar 4. 10 Grafik Normalisasi Is

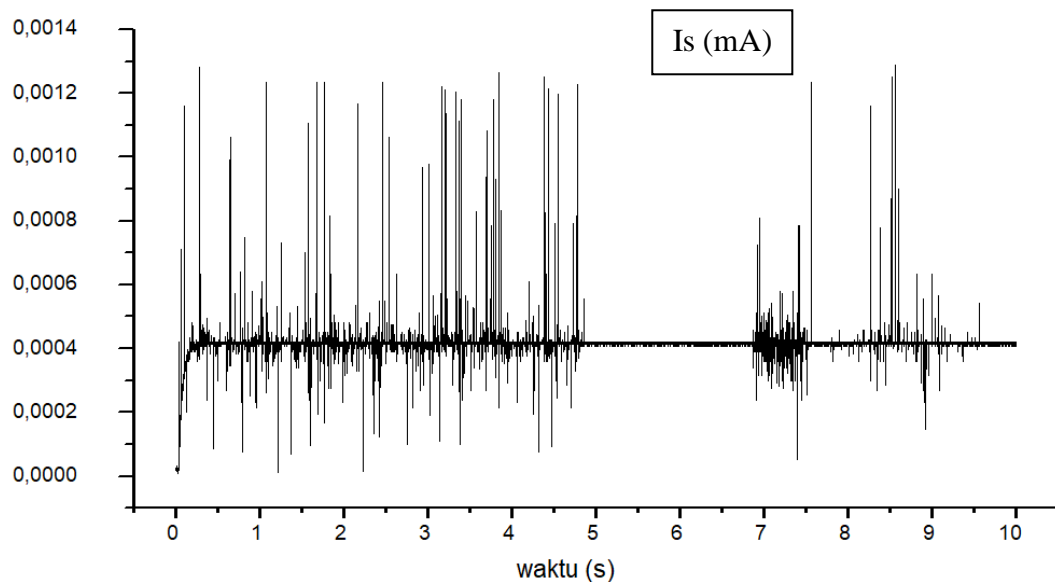
Grafik tersebut adalah grafik yang telah di normalisasi. Normalisasi dilakukan karena seperti yang dijelaskan pada teorinya, ketika plasma padam, tidak akan ada arus yang mengalir diantara kedua elektroda, sehingga nilai I_s dapat dinyatakan sama dengan 0. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat padagrafik dibawah ini.



Gambar 4. 11 Grafik Normalisasi Is dengan Simbol

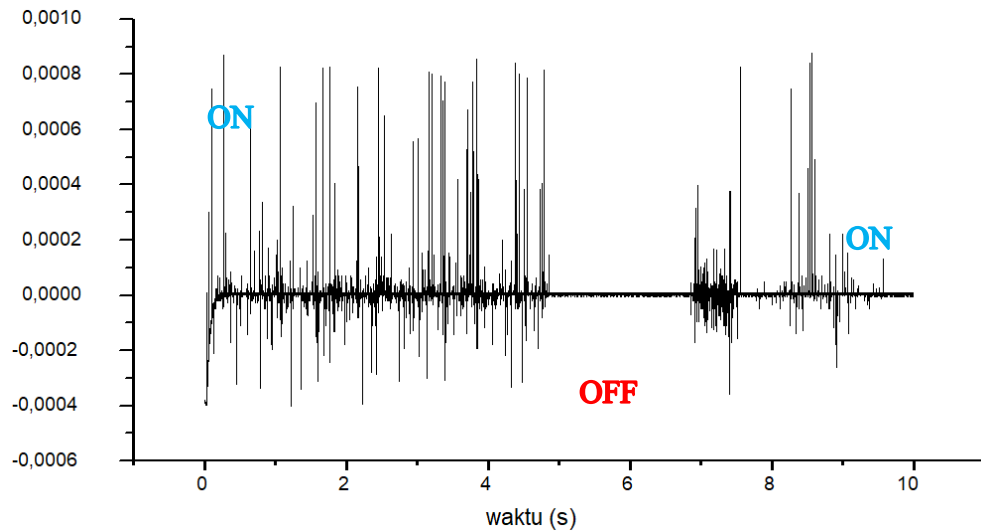
Dari grafik tersebut dapat dilihat nilai arus sekunder terbesar pada saat terjadinya *arc* adalah $8,8 \times 10^{-4}$ mA. Perubahan nilai arus pada sisi sekunder terjadi ketika terjadinya *arc*, sedangkan disaat tidak adanya *arc*, nilai I_s adalah 0, sedangkan nilai minimum pada saat terjadinya *arc* adalah $-2,9 \times 10^{-4}$ mA, dengan nilai rata-rata arus saat terjadi *arc* sebesar $9,2 \times 10^{-6}$ mA.

Kemudian nilai I_s dihitung kembali dengan persamaan dengan menggunakan hubungan tegangan-resistansi, resistansi disini menggunakan nilai resistansi rata-rata yang diukur sebanyak 5 kali dengan menggunakan multimeter digital seperti yang tampak pada Tabel 3.2, dan ditampilkan pada grafik,



Gambar 4. 12 Grafik I_s dengan Hubungan Resistansi

Dari grafik tersebut dapat dilihat nilai arus sekunder terbesar pada saat terjadinya *arc* adalah $1,29 \times 10^{-3}$ mA dan nilai minimum pada saat terjadinya *arc* adalah $8,9 \times 10^{-6}$ mA. Seperti yang diketahui arus tidak akan memiliki nilai jika tidak ada plasma, sedangkan pada detik ke 5 sampai detik ke 7 tidak dimunculkan plasma seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, maka diperlukan normalisasi dengan mengurangi data tersebut dengan nilai $\pm 0,41 \times 10^{-3}$ mA, dan grafik yang muncul sebagai berikut,



Gambar 4. 13 Grafik Normalisasi Is dengan Hubungan Resistansi

Dari grafik tersebut terlihat nilai arus sekunder terbesar pada saat terjadinya *arc* adalah $8,8 \times 10^{-4}$ mA, nilai minimum saat terjadi *arc* adalah $-4,01 \times 10^{-4}$ mA.

Dari grafik-grafik diatas diambil nilai rata-rata dari masing masing grafik yaitu $9,2 \times 10^{-6}$ mA dan $2,9 \times 10^{-6}$ mA, berada pada orde 10^{-6} - 10^{-9} A pada orde ini plasma yang dihasilkan termasuk dalam golongan *Dark discharge* dan merupakan plasma *corona discharge*, karena saat modul dinyalakan terdengar suara desisan dari modul yang merupakan salah satu ciri dari plasma korona[20], ciri lain dari *corona discharge* adalah warna plasma yang di keluarkan berwarna violet keputihan.



(a)



(b)

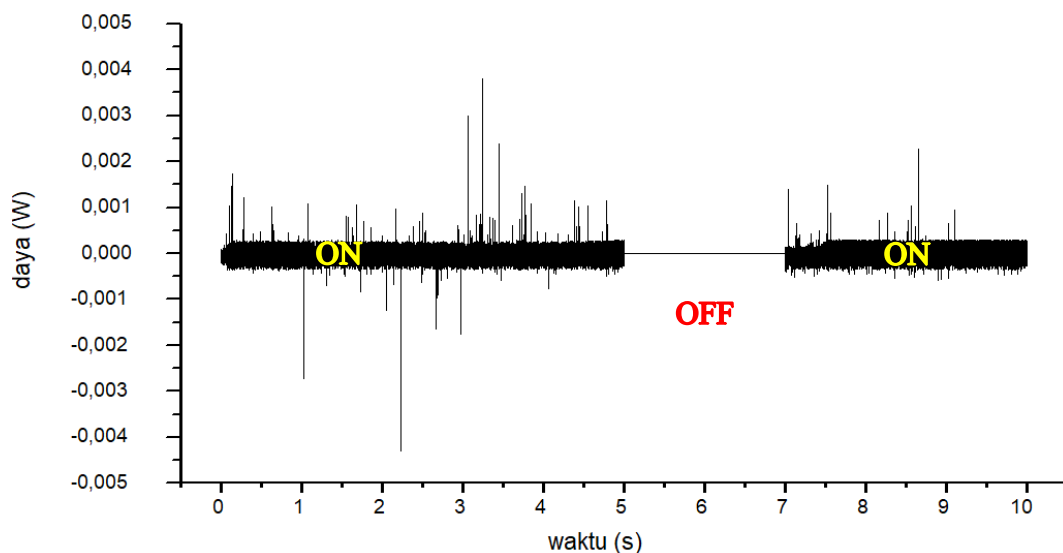
Gambar 4. 14 Gambar Plasma (a). Mati, (b). Nyala

4.4. Analisis Daya dan Energi

Pada sub bab ini akan dibahas berapa besar daya dan energi yang dikonsumsi oleh modul *Inverter Boost* 15kV. Analisis dilakukan dengan menggunakan grafik dari hasil perhitungan daya listrik di sisi sekunder trafo modul dan menggunakan grafik perubahan energi pada sisi sekunder dari trafo modul *Inverter Boost* 15kV. Perhitungan hanya dilakukan disaat plasma dihidupkan, hal ini dilakukan karena daya yang dihasilkan di saat plasma dihidupkan akan memiliki nilai tertentu, sedangkan saat plasma dimatikan, nilai daya yang dikonsumsi dan energi yang dikeluarkan akan sama dengan 0.

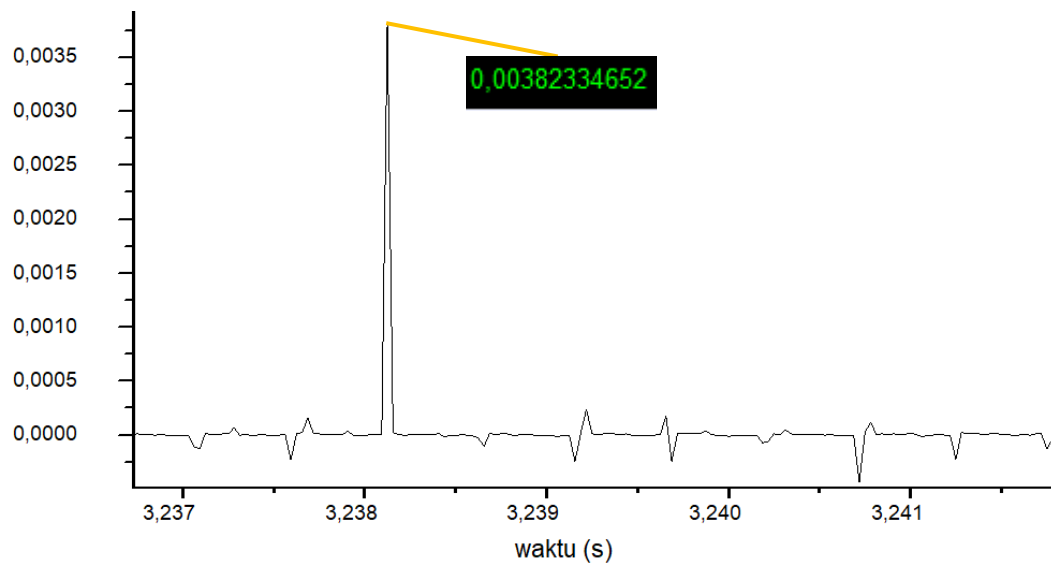
4.4.1. Perhitungan Nilai Daya Listrik

Perhitungan untuk nilai daya menggunakan nilai nilai yang sudah di normalisasi dengan asumsi nilai yang sudah dinormalisasi adalah nilai yang mendekati kebenaran berdasarkan teori. Perhitungan daya ini menggunakan nilai arus sekunder dan tegangan sekunder dengan hubungan arus tegangan. Dengan menggunakan persamaan (2.2), setelah perhitungan selesai hasil dari nilai perhitungan tersebut dibuat menjadi bentuk grafik untuk dilihat dan dianalisis perubahan energi yang terjadi, hasil grafik akan terlihat sebagai berikut,



Gambar 4. 15 Grafik Daya pada Sisi Sekunder

Untuk memperjelas bentuk fluktuasi dari data daya yang didapatkan diperbesar dan menghasilkan seperti gambar berikut,

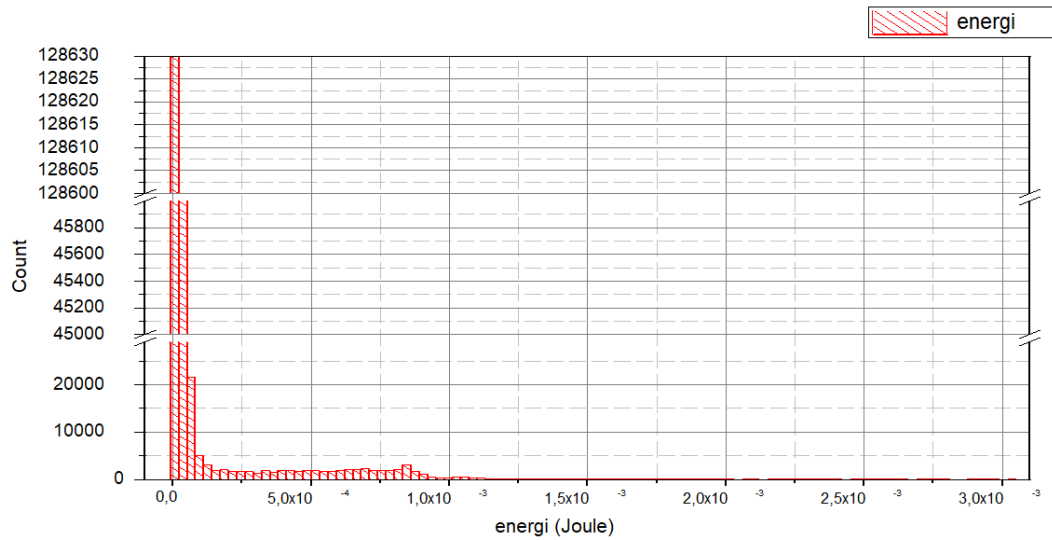


Gambar 4. 16 Grafik Daya pada Sisi Sekunder(diperbesar)

Grafik diperbesar pada detik ke 3,238 sampai 3,241, pada sekitar grafik tersebut pada kurang lebih detik ke 3,238125 menampilkan nilai tertinggi daya listrik pada *InverterBoost* 15kV dengan nilai $3,82 \times 10^{-3}$ Watt. Jika dilihat grafik pada Gambar 4.13 dapat terlihat tren dari grafik I_s tersebut berada diatas nilai nol yang berarti tren nilai tersebut berada pada tren positif walaupun terdapat nilai negatif yang relatif banyak, ini dikarenakan nilai dari grafik tersebut menggunakan data nilai dari hasil perhitungan. Pergerakan dari grafik tersebut konstan dan menunjukkan daya yang dikonsumsi stabil pada nilai -3×10^{-4} – 3×10^{-4} Watt dengan *noise* akibat dari perhitungan yang dilakukan dan bukan merupakan pengambilan data secara langsung. Rata-rata nilai daya yang dikonsumsi oleh *Inverter Boost* ini adalah $\pm 1,5 \times 10^{-5}$ Watt tiap detik.

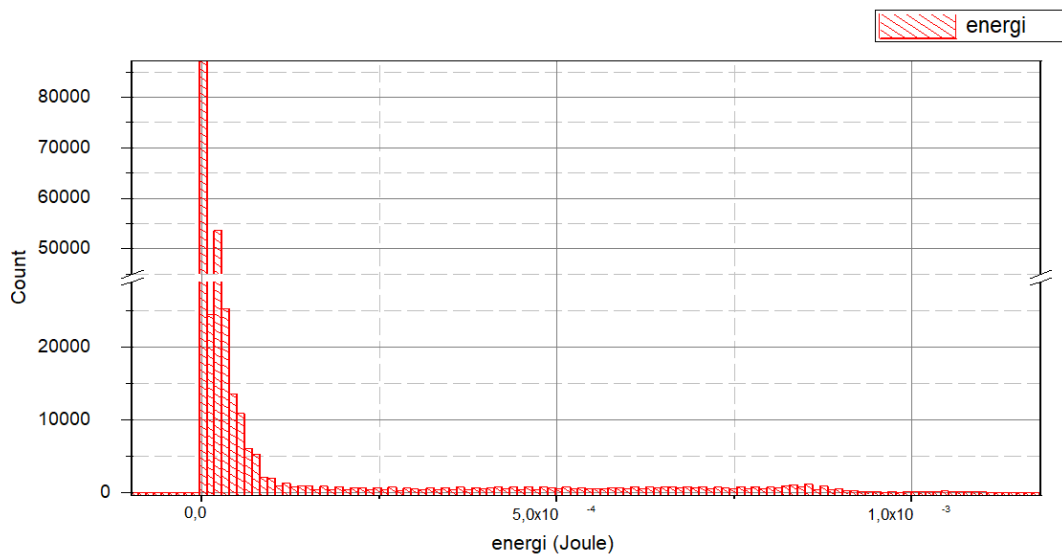
4.4.2. Perhitungan Nilai Energi

Berikut ini adalah data dari besar nilai energi (J) berdasarkan perhitungan dengan persamaan (2.6). Data yang di gunakan merupakan data perhitungan dari nilai daya (W) terhadap waktu. Perhitungan nilai energi dilakukan dengan mencari luas dari grafik daya pada waktu. Data grafik histogram yang dihasilkan akan ditampilkan sebagai berikut:



Gambar 4. 17 Grafik Histogram Energi

Data yang digunakan adalah data daya berdasarkan nilai perhitungan, dan karena nilai arus yang digunakan adalah nilai arus yang sudah di normalisasi maka akan terdapat banyak data dengan nilai 0 yang akan diabaikan. Pada nilai arus normalisasi data pada detik 5 – 7 diasumsikan bernilai 0, maka nilai energi pada detik tersebut juga bernilai 0, dan dengan asumsi itu nilai 0 adalah nilai terbanyak karena data yang diambil setiap 0.00003125 detik.



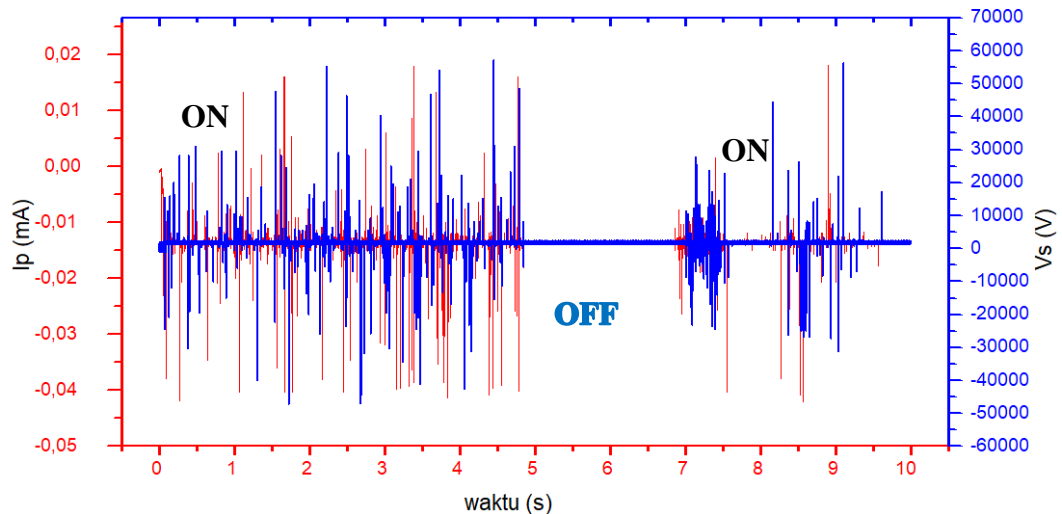
Gambar 4. 18 Grafik Histogram Energi (diperbesar)

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.18 dapat disimpulkan jika nilai dari *peak* di nilai grafik daya semakin tinggi maka akan semakin besar nilai energinya. Karena perhitungan energi dari grafik daya merupakan luasan tiap *peak* dari

masing-masing nilai di tiap waktu pengambilannya, nilai yang terlihat pada grafik diasumsikan sebagai energi ionisasi di luar nilai 0, sebaran data pada histogram menunjukkan perubahan energi ionisasi dikarenakan *peak peak* tinggi pada grafik daya tidak sering muncul.

4.5. Analisis Tegangan Sekunder Terhadap Arus Primer

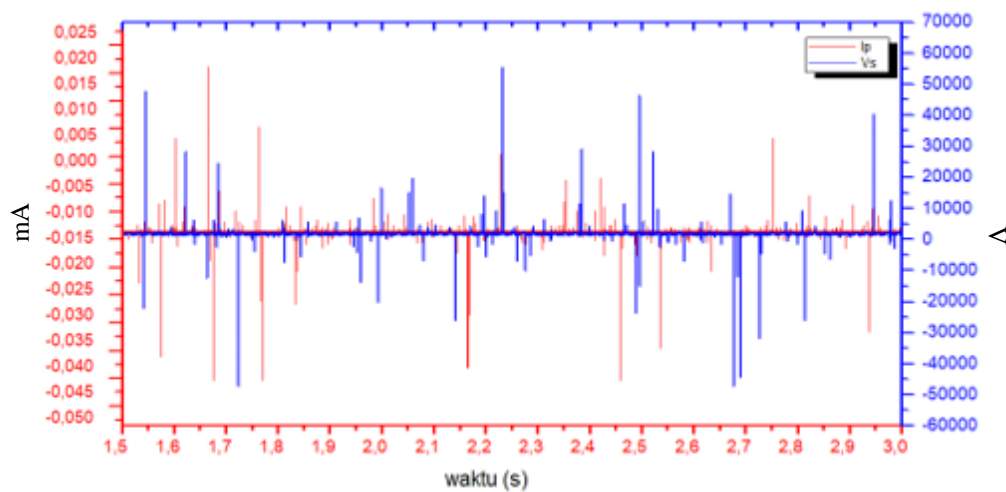
Analisis yang akan digunakan pada sub bab ini adalah analisis dari tiap *Peak* naik dan turun atau puncak dan lembah, dimana hubungan antara *Peak* tegangan dan arus yang terjadi pada saat plasma dinyalakan terlihat berbanding terbalik antara *Peak* tegangan dan *Peak* arus. Disini digunakan nilai dari tegangan sekunder dan arus primer, alasan digunakannya nilai ini karena diasumsikan nilai dari arus sekunder adalah nilai perbandingan 1000 kali dari nilai arus primer, karena dilihat dari data resistansi saat plasma mati didapatkan perbandingan nilai resistansi sisi primer dan sekunder adalah 1:1000 dan menggunakan persamaan(3.5). Grafik dari arus sekunder akan sama dengan grafik arus primer dengan nilai yang lebih besar dengan perbandingan tersebut. Grafik dari tegangan sekunder dan arus primer akan terlihat seperti pada gambar dibawah ini,



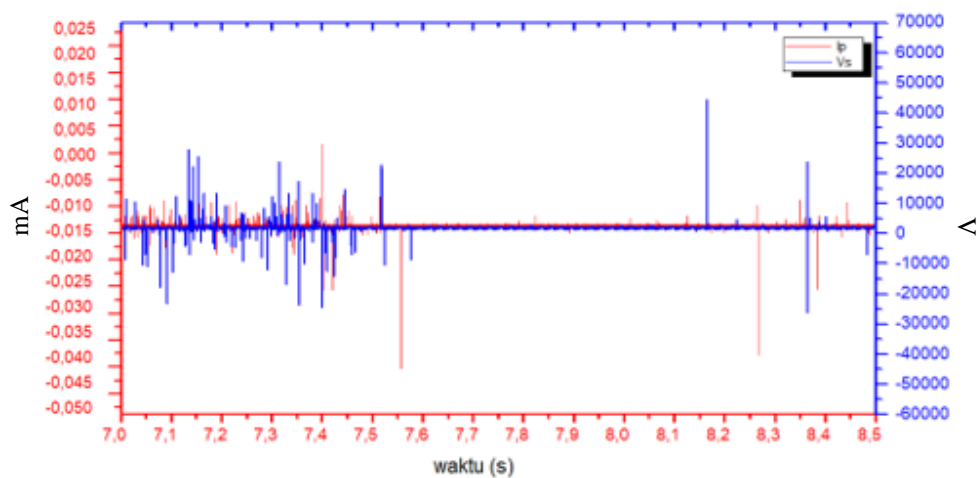
Gambar 4. 19 Grafik Tegangan Sekunder dan Arus Primer

Saat keadaan *ON*, diartikan saat plasma menyala, keadaan *OFF* diartikan sebagai keadaan plasma mati. Saat plasma menyala terlihat fluktuasi yang terbaca mencapai nilai 57 kV pada sisi positif dan 47 kV pada sisi negatif, fluktuasi yang terbaca adalah data yang terbaca pada *Probe CT2700 high* tegangan *DMM*, tegangan sekunder memiliki tegangan standar bernilai ± 2000 volt walaupun dalam

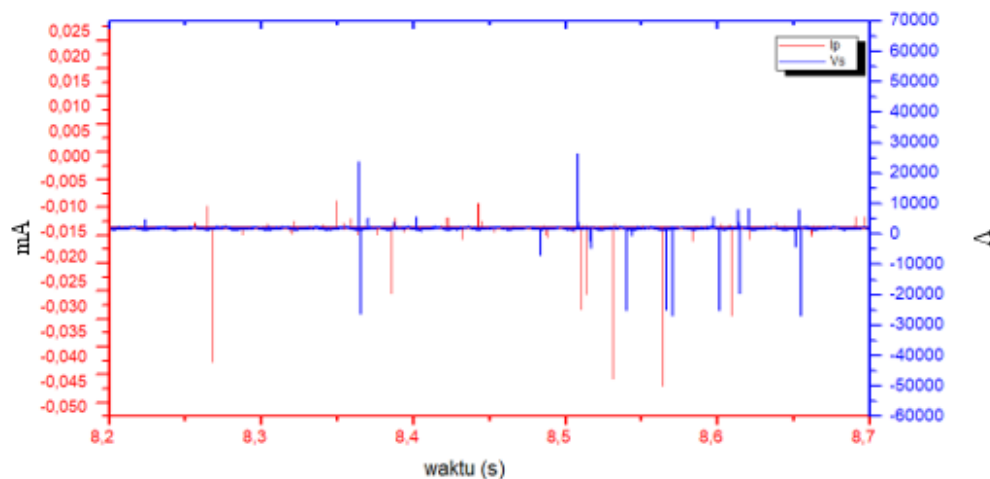
keadaan *arc* plasma tidak muncul seperti pada detik ke 5-7. Gambar 4.19 menunjukkan keadaan dimana *arc* plasma muncul adalah pada detik ke 0-5 dan 7-10, sedangkan pada detik ke 5-7 *arc* plasma sengaja tidak dimunculkan. Pada arus yang terlihat terdapat lonjakan arus pada awal data dan berangsur turun lalu berfluktuasi seperti pada gambar 4.19. yang dimunculkan pada gambar adalah arus primer dengan asumsi nilai dari arus sekunder memiliki fluktuasi grafik yang sama dengan arus primer, hanya saja nilai yang muncul berbeda. Arus standar di arus primer bernilai stabil di $-1,35 \times 10^{-2}$ mA pada detik ke 5-7, sedangkan pada arus sekunder sesuai dengan penjelasan, jika *arc* plasma tidak muncul diantara 2 elektroda maka tidak akan ada arus yang mengalir dimana nilai arus sekunder sama dengan 0. Grafik diatas Untuk melihat lebih jelas dilakukan pembesaran pada detik selama 1,5 detik dan ditampilkan sebagai berikut,



(a) 1,5-3,0 detik



(b) 7,0-8,5 detik



(c) 8,2-8,7 detik

Gambar 4. 20 Grafik Vs dan Ip pada Beberapa Rentang Waktu (Diperbesar)

Pada Gambar 4.20, ditampilkan grafik yang diperbesar pada beberapa selang waktu agar lebih jelas fluktuasi yang terjadi pada saat *arc* plasma menyala, di masing-masing selang waktu *peak-peak* yang terjadi merupakan *peak* asli yang tertangkap oleh sensor yang digunakan. Dari grafik-grafik diatas terlihat pada tegangan sekunder maupun arus primer mengalami osilasi terlihat di beberapa bagian ada saat dimana saat tegangan naik arus primernya turun begitu juga sebaliknya, saat tegangan naik arus primernya juga naik begitu sebaliknya, dan ada suatu kondisi dimana di saat tegangan naik atau turun, arusnya juga naik atau turun tetapi tidak dalam satu waktu yang sama yang dinamakan keadaan shift, keadaan shift diakibatkan karena ada delay pada sensor dan *Probe* yang digunakan dan juga dikarenakan sensor dan *Probe* tersebut menggunakan dua intrustar dan dua *pc* yang berbeda.

Perhitungan arus sekunder dibutuhkan untuk menghitung nilai daya listriknya hasil dari perhitungan arus sekunder digunakan dalam perhitungan nilai daya dan energi pada sub bab selanjutnya. Perhitungan arus sekunder pada sub bab ini berdasarkan persamaan(3.5). Berikut adalah perhitungan yang dihasilkan dari persamaan tersebut dan sebagian dari perhitungan yang dilakukan,

$$1. I_s^2 = ((-7,90714 \times 10^{-4})^2)/1000$$

$$I_s = 2,50046 \times 10^{-5}$$

$$2. I_s^2 = ((-5,41968 \times 10^{-4})^2)/1000$$

$$I_s = 1,71385 \times 10^{-5}$$

$$3. I_s^2 = ((-0,01298)^2)/1000$$

$$I_s = 4,10438 \times 10^{-4}$$

$$4. I_s^2 = ((-0,01373)^2)/1000$$

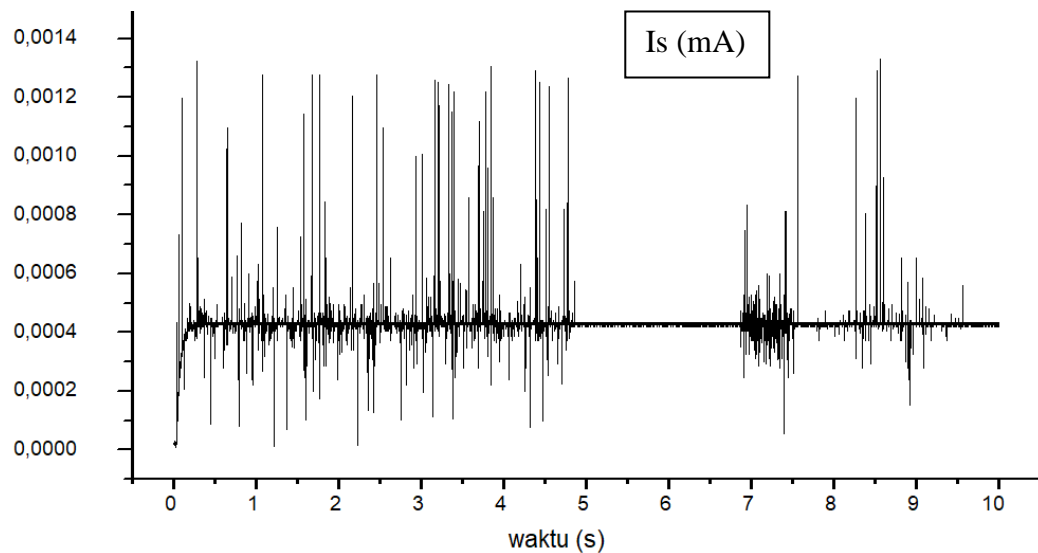
$$I_s = 4,34036 \times 10^{-4}$$

$$5. I_s^2 = ((-0,01348)^2)/1000$$

$$I_s = 4,2617 \times 10^{-4}$$

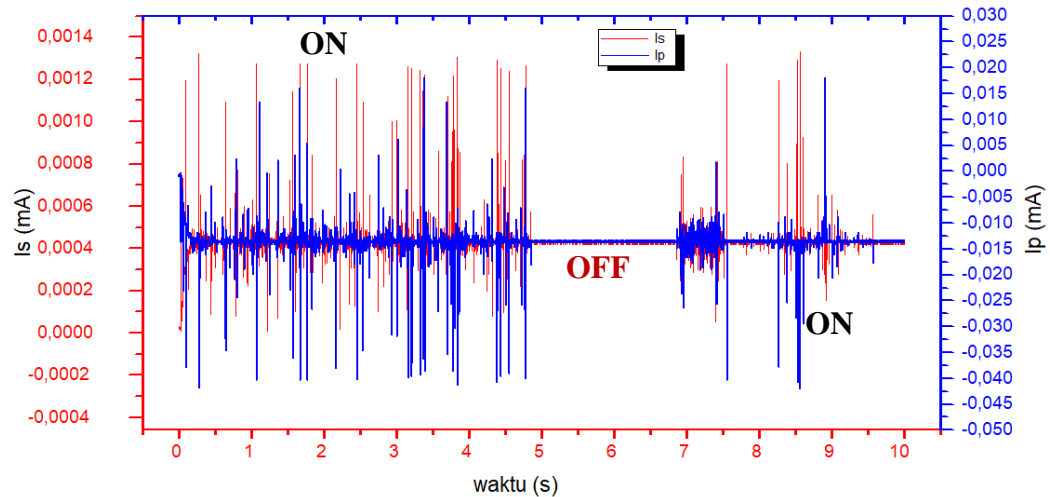
.....

Perhitungan tersebut dilakukan sampai selesai pada micorsoft excel dan diolah lagi di *software* origin, hasil dari perhitungan tersebut diolah dan ditampilkan seperti padagambar berikut ini,



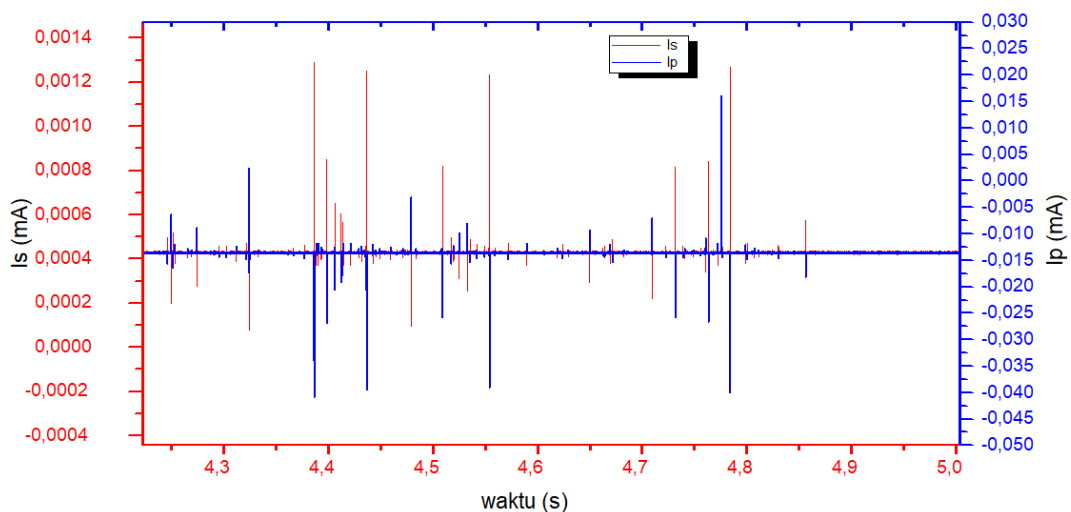
Gambar 4. 21 Grafik I_s perhitungan hubungan arus

Pada Gambar 4.21, grafik menunjukkan nilai dari perhitungan berada pada tren positif dan tidak memiliki nilai negatif, ini dikarenakan berdasarkan persamaan(3.5) didalam perhitungan terdapat nilai yang dikuadratkan, dengan begitu nilai yang muncul akan selalu bernilai positif, yang kita bisa lihat pada gambar 4.7 terlihat bahwa nilai dari hasil pengambilan data menggunakan sensor berada pada sisi negatif dan hanya sedikit nilai yang berada pada sisi positif, walaupun penyebab dari pengambilan data bernilai negatif ini dapat disebabkan terbaliknya pemasangan sensor. Jika ditampilkan dalam satu grafik, perbandingan dari grafik I_p dan I_s akan terlihat seperti gambar berikut,



Gambar 4. 22 Grafik Is Ip

Gambar 4.22 menunjukkan bahwa nilai dari Is adalah kebalikan dari nilai Ip karena memang nilai Is tersebut adalah hasil kuadrat dari Ip, untuk lebih jelasnya akan diperbesar seperti gambar dibawah ini,



Gambar 4. 23 Grafik Is Ip(Diperbesar)

Seperti yang sudah dijelaskan bahwa nilai dari Is mengalami osilasi pada nilainya. Nilai Is ini digunakan untuk mencari nilai dari daya listrik dan dan selanjutnya dicari nilai energi yang dihasilkan oleh modul *Inverter Boost* 15 kV sebagai media penelitian dalam skripsi ini.

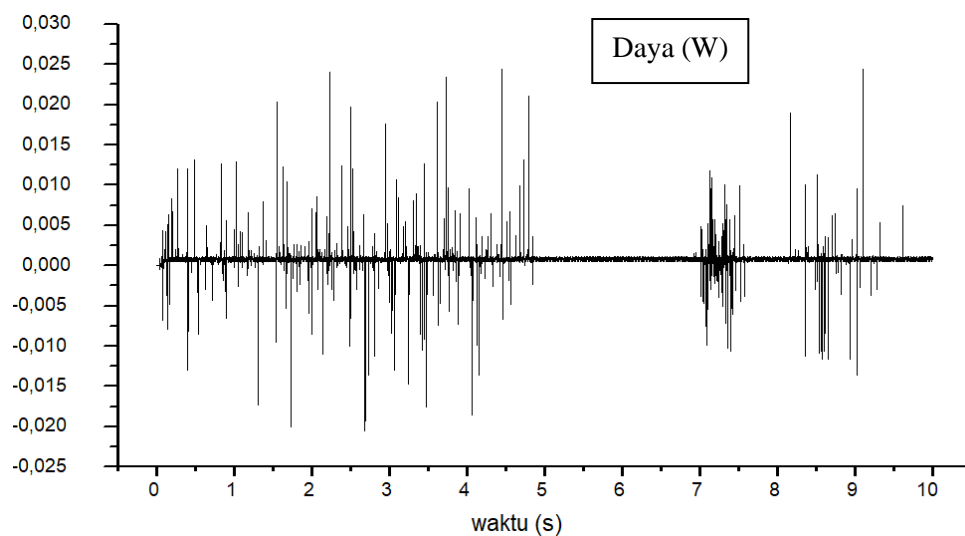
4.6. Daya dan Energi pada Tegangan Sekunder terhadap Arus Primer

Pada sub bab ini pembahasan akan berfokus pada nilai daya listrik berdasarkan nilai arus sekunder berdasarkan pada persamaan (3.5), sama seperti pada sub bab 4.4 pembahasan akan menganalisis besar daya yang dikonsumsi dan

juga energi yang dibutuhkan untuk menyalaka plasma oleh modul *Inverter Boost 15kV*. Analisis dilakukan dengan menggunakan grafik dari hasil perhitungan daya listrik dan menggunakan grafik perubahan energi dari trafo modul *InverterBoost 15kV*.

4.6.1. Perhitungan Nilai Daya Listrik

Perhitungan untuk nilai daya menggunakan nilai arus sekunder yang didapatkan dari perhitungan berdasarkan persamaan(2.2) dan nilai dari tegangan sekunder. Hasil dari perhitungan ditampilkan berupa grafik sebagai berikut,



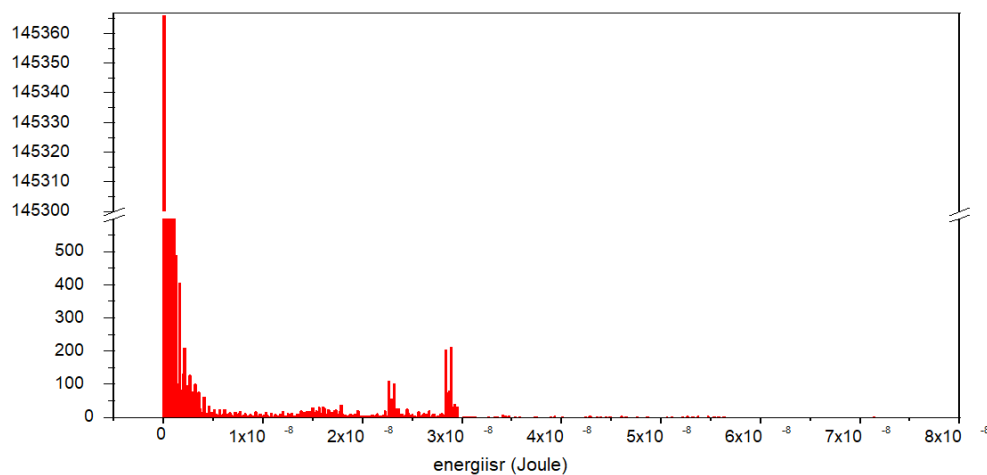
Gambar 4. 24 Grafik Daya Listrik

Pada grafik tersebut terlihat daya yang dikonsumsi memiliki rata-rata konsumsi daya sebesar $1,5 \times 10^{-5}$ Watt tiap detik, selain itu terjadi lonjakan daya seperti pada grafik dengan nilai tertinggi bisa mencapai 0,024 W, bisa dikatakan kalau lonjakan itu merupakan *noise* atau gangguan dikarena menempelnya 2 elektroda secara tidak sengaja yang mempengaruhi nilai arusnya dan berakibat pada perhitungan selanjutnya yaitu nilai arus sekunder dan nilai dayanya, terjadi juga beberapa lonjakan yang terjadi pada saat *arc* plasma dinyalakan tetapi lonjakan ini bisa disimpulkan juga sebagai *noise* karena tidak sering terjadi, ini bisa disebabkan oleh tidak konstannya elektroda yang digunakan saat pengambilan nilai tegangan maupun arus yang menjadikan munculnya lonjakan pada grafik tersebut saat dilakukan perhitungan menggunakan rumus. Pada saat dinyalakan terlihat nilai dari daya yang dikonsumsi naik seiring waktu, awalnya nilai daya dari rendah berangsur

naik pada detik awal, walaupun hanya terjadi dalam waktu singkat, tapi dapat dilihat perubahan nilai daya dari grafik yang ditampilkan.

4.6.2. Perhitungan Nilai Energi

Grafik dibawah ini adalah grafik data yang menunjukkan besar nilai energi (J) dalam bentuk histogram berdasarkan perhitungan dengan persamaan(2.6). Histogram digunakan agar dapat dilihat dan dianalisis nilai paling besar dengan data terbanyak. Data yang di gunakan merupakan data perhitungan dari nilai daya (W) terhadap waktu. Perhitungan nilai energi dilakukan dengan mencari luas dari grafik daya terhadap waktu. Data grafik histogram yang dihasilkan akan ditampilkan sebagai berikut:



Gambar 4. 25 Grafik Energi

Grafik menunjukkan sebaran nilai dari perhitungan nilai energi yang didapatkan dari data daya sebelumnya, disini rentang batang yang digunakan adalah sebesar $1,3 \times 10^{-10}$ dikarenakan data yang didapat sangat kecil dan sangat banyak. Seperti pada grafik histogram energi pada perhitungan sebelumnya sebaran daya menunjukkan perubahan dari nilai energi yang dari awalnya tinggi kemudian turun dan naik beberapa kali. Grafik tersebut menunjukkan nilai luasan dari grafik daya, terlihat ada beberapa *peak-peak* tinggi yang sebaran datanya memiliki jumlah data yang sedikit.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Telah berhasil, merancang sistem pengukuran arus dan tegangan pada sumber pembangkit plasma *15 KV High Frequency DC High Tegangan Arc Ignition Generator Inverter Step Up Boost Module 18650 DIY kit U Core Transformer Suite 3.7 V* sebagai media penelitian. Hasil pengukuran yang dapat dilakukan hanya (I_p), (V_p), dan (V_s), sedangkan untuk (I_s) dilakukan perhitungan.
2. Telah berhasil mendapatkan nilai arus dan tegangan pada sumber plasma di kedua sisi. Untuk nilai arus pada sisi sekunder tidak didapatkan dari hasil pengukuran dikarenakan nilai arus pada sisi sekunder yang berada pada satuan yang sangat kecil dan pada saat persiapan penelitian tidak menemukan sensor yang memiliki toleransi tegangan sehingga dilakukan prediksi untuk nilai arus sisi sekunder. Hasil pengukuran dan perhitungan nilai tegangan dan arus sebagai berikut:

$$I_p = 18,11 \text{ mA dan } -42,08 \text{ mA.}$$

$$V_p = 36,34 \text{ V dan } -5,71 \text{ V.}$$

$$V_s = 57 \text{ kV dan } -47 \text{ kV.}$$

Untuk prediksi nilai I_s , perhitungan pertama nilai terbesar pada saat terjadinya *arc* adalah $8,8 \times 10^{-4} \text{ mA}$. Perhitungan kedua adalah pada kisaran $9,045 \times 10^{-4} \text{ mA}$.

3. Berdasarkan nilai arus yang dihasilkan, memiliki pengaruh terhadap nilai daya listrik yang dihasilkan atau dikonsumsi, terjadi perubahan yang terlihat pada grafik dari nilai awal dan berangsur naik. Pada perhitungan dengan cara pertama, nilai tertinggi daya listrik berada pada nilai $3,82 \times 10^{-3} \text{ Watt}$ dan stabil pada kisaran nilai -3×10^{-4} – $3 \times 10^{-4} \text{ Watt}$ dengan beberapa *noise* akibat dari perhitungan yang dilakukan dan bukan merupakan pengambilan data langsung, dengan nilai daya yang dikonsumsi sebesar $\pm 1,5 \times 10^{-5} \text{ Watt}$ tiap detik. Untuk perhitungan yang kedua, nilai tertinggi bisa mencapai

0,024 W dengan rata-rata konsumsi daya $\pm 1,5 \times 10^{-5}$ Watt tiap detik. Histogram digunakan untuk melihat nilai energi ionisasi pada saat terjadinya plasma, dan dapat dilihat perubahan energi plasma yang berhubungan dengan nilai *peak* daya, dimana jika *peak* dayanya semakin tinggi semakin besar juga nilai energi ionisasinya.

4. Dapat didefinisikan tipe plasma yang dihasilkan, yaitu tipe lucutan korona (*corona discharge*). Hal ini didapatkan dikarenakan nilai arus yang kecil mencapai orde 10^{-9} sampai 10^{-6} A dengan nilai tegangan sekunder yang besar mencapai 57 kV. Tipe *corona discharge* dapat terjadi karena terdapat udara yang terionisasi di antara 2 ujung kabel (elektroda) sebagai media perpindahan arus dan menghasilkan cahaya dengan suhu yang relatif tinggi. Hal ini dapat terjadi karena terdapat serabut kawat pada ujung elektroda, sehingga menghasilkan plasma *corona discharge*. Selain itu didapatkan ciri fisik seperti warna dari cahaya tampak dari plasma tersebut berwarna violet keputihan.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa saran untuk pelaksanaan penelitian selanjutnya agar penelitian ini dapat berkembang dan semakin bermanfaat:

1. Menambahkan pengukuran secara berulang yang lebih akurat untuk menghindari *error* selama dilakukannya pengukuran.
2. Mencari atau membuat sensor yang bisa digunakan untuk mengambil data dengan toleransi tegangan yang tinggi namun dengan akurasi data yang sangat kecil karena nilai arus dari plasma tegangan tinggi memiliki nilai arus yang relatif sangat kecil mencapai orde mikro bahkan lebih kecil lagi.
3. Menambahkan varisai pada parameter apa saja yang di teliti agar hasil dari penelitian suatu plasma dapat lebih valid.
4. Melakukan pengujian plasma hanya di sisi sekunder plasma, untuk menghindari gangguan dari nilai di sisi primer terhadap sensor yang terpasang yang tersambung dengan sisi sekunder, dan menghindari gangguan dari induksi bolak balik antara sisi primer dan sisi sekunder.

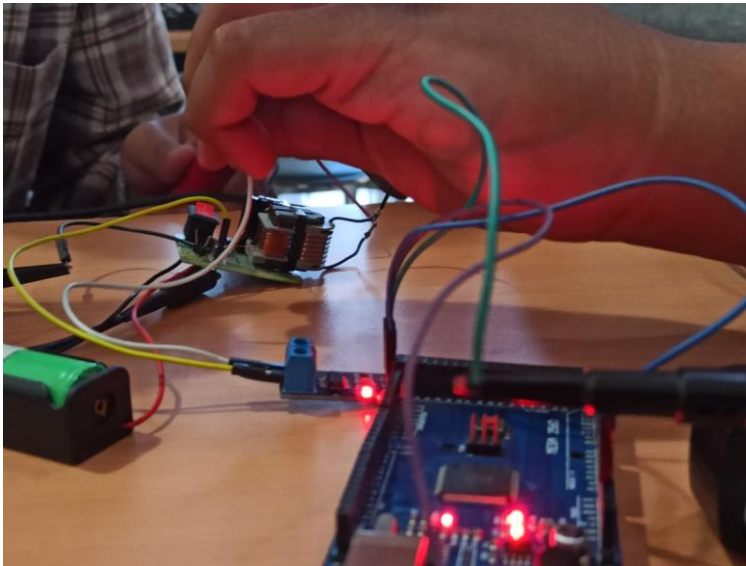
DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Nur, FISIKA PLASMA DAN APLIKASINYA, 1 ed., Semarang: Universitas Diponegoro, 2011.
- [2] J. Zhu, J. Gao, . M. Aldén, . Y. Kusano and . Z. Li, "Spatiotemporally resolved characteristics of a gliding *arc* discharge in a turbulent air flow at atmospheric pressure," *American Institute of Physics*, p. 24, 2017.
- [3] Bogaerts and S. Kolev, "A 2D model for a gliding *arc* discharge," *IOP SCIENCE*, vol. 24, no. 1, pp. 1-2, 2014.
- [4] A. T. Sugiarto, "Teknologi Plasma Penghasil Air Berozon," LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA (LIPI), 4 November 2010. [Online]. Available: <http://lipi.go.id/berita/ipitek-talk-teknologi-plasma-penghasil-air-ber-ozon/4609>. [Accessed 21 Agustus 2019].
- [5] A. T. Sugiarto, "Reaktor Plasma Ramah Lingkungan," LIPI, 24 November 2015. [Online]. Available: lipi.go.id/berita/lipi-kembangkan-reaktor-plasma-ramah-lingkungan/10527. [Accessed 21 Agustus 2019].
- [6] N. Ardhana, "PEMBANGKITAN TEGANGAN TINGGI AC DAN DC," 22 May 2015. [Online]. Available: <http://nabilazisputri.blogspot.com/2015/05/pembangkitan-tegangan-tinggi-ac-dan-dc.html>. [Accessed 3 Oktober 2019].
- [7] Z. chunming and L. qing, "Research on On-line Monitoring Methods of High Tegangan Parameter in Electric Vehicles," *ISSN*, vol. 4, p. 1, 2010.
- [8] H. N. Isnianto and E. Puspitaningrum, "MONITORING TEGANGAN, ARUS, DAN DAYA SECARA ASLI TIME UNTUK PERBAIKAN FAKTOR DAYA SECARA OTOMATIS PADA JARINGAN LISTRIK SATU FASE BERBASIS ARDUINO," *Jurnal Nasional Teknologi Terapan*, p. 7, 2018.
- [9] T. P. Kasih, "Pengembangan Teknologi Plasma Dingin untuk Modifikasi Karakteristik Permukaan Material Tanpa Mengubah Sifat Dasar Material," *Jurnal PASTI*, vol. X, no. 3, pp. 373-379, 2016.
- [10] J. Zhu, J. Gao and . Z. Li, "Sustained diffusive alternating current gliding *arc* discharge in atmospheric pressure air," *Applied Physics Letters*, vol. 10, p. 105, 2014.

- [11] X. Li, K. Wu, R. Liu, L. Yang, J. Geng, B. Wang and P. Jia, "Spatial–Temporal Evolution and Plasma Parameters' Diagnosis of a Transverse Glow Discharge in Atmospheric Pressure Air," *IEEE*, pp. 3-5, 2019.
- [12] C. Kong, J. Gao and Z. Li, "Characterization of an AC glow-type gliding *arc* discharge in atmospheric air with a current-tegangan lumped model," *LUND University*, vol. 24, no. 9, 2017.
- [13] P. Yan, "Characteristics of negative DC corona discharge in a wire-plate," *Separation and Purification Technology*, no. 139, pp. 5-9, 2014.
- [14] G. J. Baker, "ARC FLASH DETECTION THROUGH TEGANGAN/CURRENT SIGNATURES," Canada, University of Saskatchewan, 2012, pp. 35-37.
- [15] L. P., C. P.J. and O. , "Cold Plasma in Food and Agriculture," in *Atmospheric Pressure Nonthermal Plasma Sources*, Sydney, ScienceDirect, 2016, p. 83.
- [16] anonymous, Tokopedia, [Online]. Available: <https://www.tokopedia.com/hraudioparts/diy-modul-inverter-high-tegangan-dc-3-7v-to-15-000v-15kv-transformer>. [Accessed 5 Agustus 2019].
- [17] "Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC with 2.1 kVRMS," Massachusetts, USA, Allegro MicroSystems Inc., 2011.
- [18] Y. Linda, CT2700 40 KV HIGH TEGANGAN DMM *PROBE* user manual, California: CalTest Electronics, 2016.
- [19] "ISDS205 User Guide," Intrustar Electronic Technology, 2019.
- [20] "15KV High Frequency DC High Tegangan *Arc* Ignition Generator Inverter Step Up Boost Module 18650 DIY Kit U Core Transformer Suite 3.7V.," [Online]. Available: <http://www.icstation.com/15kv-high-frequency-high-tegangan-ignition-generatorinverter-step-boost-module-18650-core-transformer-suite-p-12099.html>. [Accessed 8 Februari 2020].
- [21] J.-S. Chang, P. A. Lawless and T. Yamamoto, "Corona Discharge Processes," *IEEE*, vol. 19, no. 6, pp. 1155-1160, 1991.

LAMPIRAN

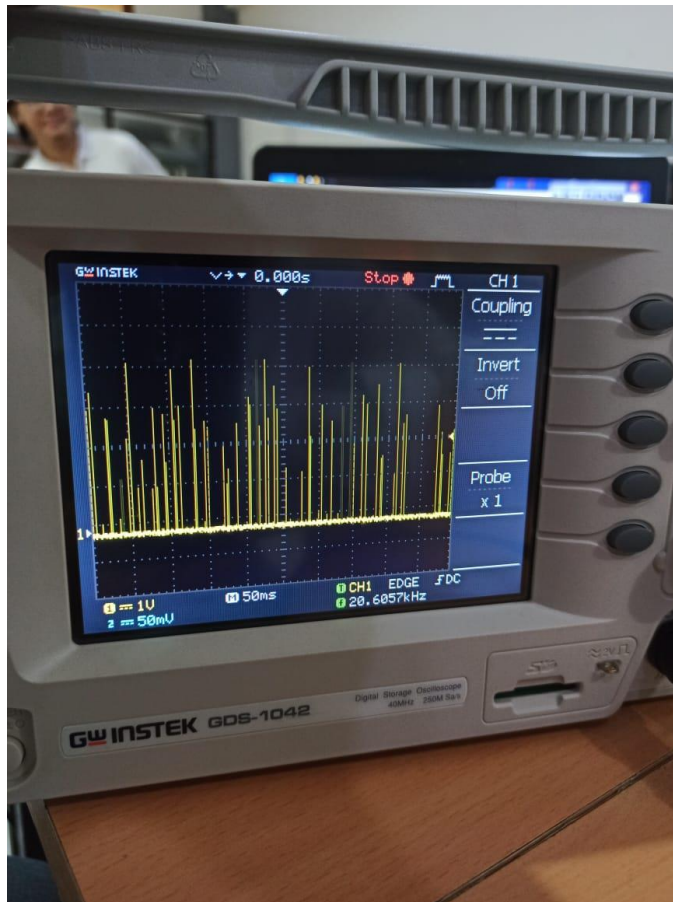
Lampiran 1 Dokumentasi Penelitian



Rangkaian sensor dan probe pada *Inverter Boost* 15 kV.



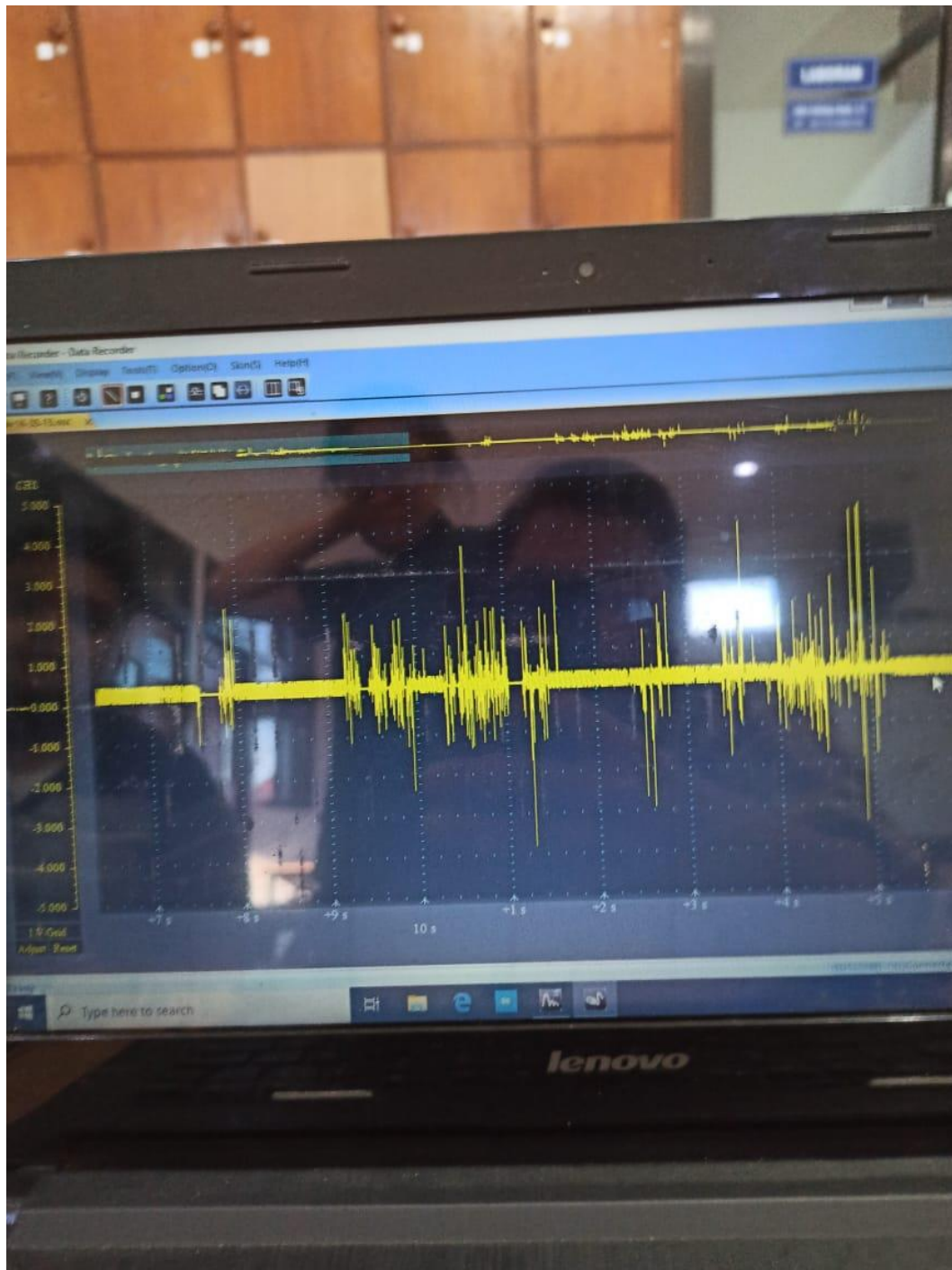
Validasi fungsi *Probe* CT2700 DMM menggunakan Oscilloscope Digital.



Validasi bentuk grafik Tegangan Primer menggunakan Oscilloscope Digital.



Validasi bentuk grafik Arus Primer menggunakan Oscilloscope Digital.



Pengambilan data menggunakan PC-Oscilloscope Intrustar ISDS205 pada mode *Data Recorder*.