

RANCANG BANGUN *LOW POWER ELEKTRIC SURGERY* (PISAU BEDAH LISTRIK) PADA FREKUENSI 10 KHz

Teguh Firmansyah*, Rocky Alfanz, Windra Bagus Suwandidan

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

*Corresponding author, e-mail : teguhfirmansyah@untirta.ac.id

Abstrak— Pada penelitian ini diusulkan rancang bangun low power elektro surgery (LPES), pisau bedah listrik, pada frequency 10KHz yang digunakan dalam pengujian daging. Alat ini terdiri dari rangkaian power supply, regulator tegangan, dan pencacah frequency. Tujuan penelitian ini diharapkan meminimalisir terjadinya spark over dan terjadinya luka bakar. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa alat ini bekerja dengan daya sebesar 26 Watt dan frekuensi sebesar 11,16 KHz. Electric surgery ini diuji coba terhadap daging kerbau, daging kambing, dan daging sapi. Pada daging sapi dengan menggunakan tegangan 28,7 Volt membutuhkan waktu 51 detik, dengan menggunakan tegangan 28,1 Volt membutuhkan waktu 53 detik, dengan menggunakan tegangan 27,8 Volt membutuhkan waktu 57 detik. Pada daging kambing dengan menggunakan tegangan 28,7 Volt membutuhkan waktu 30 detik, dengan menggunakan tegangan 28,1 Volt membutuhkan waktu 41 detik, dengan menggunakan tegangan 27,8 Volt membutuhkan waktu 49 detik. Pada daging kerbau dengan menggunakan tegangan 28,7 Volt membutuhkan waktu 52 detik, dengan menggunakan tegangan 28,1 Volt membutuhkan waktu 56 detik, dengan menggunakan tegangan 27,8 Volt membutuhkan waktu 59 detik. Jika dibandingkan dengan hasil penelitian lainnya, penelitian ini memiliki daya rendah dan frekuensi rendah, sehingga dapat meminimalisir terjadinya spark over dengan kecepatan proses pemotongan yang baik.

Kata Kunci : Pisau bedah listrik, low power, spark over, kecepatan pemotongan.

Abstract—In this study, It is proposed a design of electric surgery on 10 KHz. This device consists of a power supply circuit, a voltage regulator, and a frequency counter. The purpose of this study is expected to minimize the occurrence of spark overs and the occurrence of burns. The measurement results show that LPES is working with a power of 26 watts and a frequency of 11.16 KHz. Electric surgery was tested against buffalo meat, mutton and beef. In beef by applying a voltage of 28.7 volts takes 51 seconds, using a voltage of 28.1 volts takes 53 seconds, using a voltage of 27.8 volts takes 57 seconds. In goat meat by using a voltage of 28.7 volts takes 30 seconds, using a voltage of 28.1 volts takes 41 seconds, using a voltage of 27.8 volts takes 49 seconds. In buffalo meat by using a voltage of 28.7 volts takes 52 seconds, using a voltage of 28.1 volts takes 56 seconds, using a voltage of 27.8 volts takes 59 seconds. Compare to another electric surgery, this study had low power and low frequency, so as to minimize the occurrence of spark over with good speed cutting process.

Keywords : Electric surgery, low power, spark over, speed cutting.

Copyright © 2016 JNTE. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya teknologi kedokteran maka dikembangkan suatu alat bedah dengan memanfaatkan teknologi diantaranya *Pisau bedah* sudah banyak dibuat salah satunya ESU dengan merk radiotom yang dalam penggunaannya lebih banyak keuntungannya dibandingkan dengan alat bedah konvensional [1]. *Pisau bedah listrik* adalah suatu alat bantu yang digunakan untuk pembedahan ringan dalam operasi, karena kemampuannya untuk

membedah dan sekaligus membakar jaringan, sehingga akan mengurangi pendarahan saat pembedahan. *Pisau bedah listrik* menggunakan prinsip loncatan muatan listrik dalam pembedahan jaringan, atau kontak elektroda dengan jaringan tidak diperlukan. Dengan efek loncatan elektron yang membakar jaringan maka hasil pembedahan akan lebih steril [1].

Electrosurgery adalah suatu alat bedah medis yang memanfaatkan frekwensi tinggi dari arus listrik yang digunakan untuk memotong, mengental, dan mengeringkan jaringan. *Electrosurgical* adalah alat medis yang selalu

digunakan selama proses operasi [2]. Dengan menggunakan alat ini diharapkan selama proses operasi, pasien tidak mengalami kehilangan banyak darah karena alat ini selain dapat digunakan untuk melakukan pembedahan juga dapat digunakan untuk menutup jaringan setelah mengalami pembedahan. Kemajuan teknologi membuat *electrosurgical* ini menjadi wajib digunakan dalam selama proses pembedahan [2].

Beberapa penelitian electric surgery diantaranya Ansell Cares [3], Australia yang memuat tentang *information and educational program for the hospital and medical community* [3]. Tinjauan bedah elektro dan sarung tangan lateks dimana membahas tentang. Masalah lain yang berkaitan dengan penggunaan bedah elektro yang berkaitan dengan *shock* atau luka bakar listrik pada ahli bedah yang melakukan operasi. Namun terjadi luka bakar saat melakukan operasi, karena itu sebaiknya jangan 'diandalkan memberikan isolasi yang tidak akan pernah gagal'. Sementara pada penelitian Daniel Palanker [4], Stanford University Amerika. Memuat informasi *mechanisms of interaction in electrosurgery*. Penelitian ini memuat tentang mekanisme penggunaan dari *electrosurgery* menggunakan *frequency* 4 MHz dan Tegangan 100V sampai 700V dengan menggunakan arus sebesar 0.3 Ampere sampai 0.8 Ampere. Namun dengan penelitian ini alat harus menggunakan daya besar dalam penggunaannya. Penelitian lainnya yaitu Joko Sunardi [5], STTN-BATAN Yogyakarta. Memuat informasi Rancang Bangun Pisau Bedah Listrik Dengan *Frequency* 450 KHz. Penelitian ini membuat pisau bedah listrik dengan *frequency* 450 KHz dengan menggunakan daya 47.97 Watt. Namun pada rancang bangun pisau bedah listrik ini harus menggunakan daya yang cukup besar dalam penggunaannya.

Sebagai state of the art, pada penelitian ini diusulkan perancangan rangkaian electric surgery berbasis menggunakan *frequency* yang rendah dan menggunakan daya rendah pula dalam penggunaannya (LPES). Penelitian ini memiliki beberapa kelebihan diantaranya peningkatan *safety* dari permasalahan, Tabel 1. Memperllihatkan posisi penelitian:

1. Arus bocor,
2. Grounding yang tidak bagus.
3. Tahanan isolasi yang kurang baik.
4. *Spark over* yang berlebihan
5. Peningkatan kinerja.

6. Low power consumption.

Tabel 1. Posisi penelitian

Penelitian	Daya	Freq	Review
Joko Sunardi M.Fajri Toto Trikasjono	47,97 Watt	450 KHz	1. Daya Tinggi Memungkinkan Terjadinya Spark Over Terhadap Objek Dalam Pengoprasian 2. Membutuhkan <i>Frequency</i> Tinggi Dalam Pengoprasian
Imam Abdi Bangkit Anggun Dyah Syawitri	80 Watt	2 MHz	1. Daya Tinggi Memungkinkan Terjadinya Spark Over Terhadap Objek Dalam Pengoprasian 2. Membutuhkan <i>Frequency</i> Tinggi Dalam Pengoprasian
Penelitian ini	26 Watt	11,16 KHz	1. Daya Rendah Sehingga Memungkinkan Untuk Meminimalisir Terjadinya Spark Over Dalam Pengoprasian 2. Hanya membutuhkan <i>Frequency</i> Rendah Dalam Penggunaannya

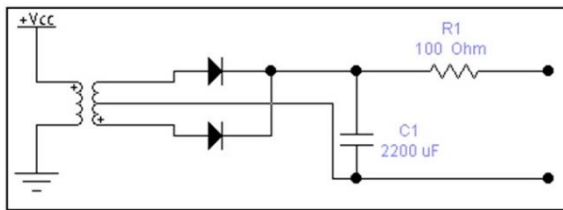
2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada penelitian ini digunakan beberapa subsistem diantaranya rangkaian power supply, regulator tegangan, dan pencacah *frequency*.

Power supply adalah suatu alat listrik yang dapat menyediakan energi listrik untuk perangkat listrik ataupun elektronika lainnya. Pada dasarnya *Power Supply* atau Catu daya ini memerlukan sumber energi listrik yang kemudian mengubahnya menjadi energi listrik yang dibutuhkan oleh perangkat elektronika lainnya. Oleh karena itu, *Power Supply* kadang-kadang disebut juga dengan istilah *Electric Power Converter* [4]. Gambar 1 merupakan gambar *schematic power supply*.

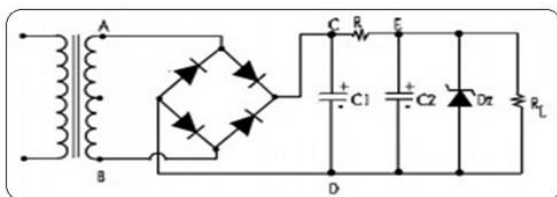
Adanya perubahan pada masukan AC dan variasi beban merupakan penyebab utama terjadinya ketidakstabilan pada power supply. Pada sebagian peralatan elektronika, terjadinya perubahan catu daya akan berakibat cukup serius. Untuk mendapatkan pencatu daya yang stabil diperlukan regulator tegangan. Regulator

tegangan untuk suatu power supply paling sederhana adalah menggunakan dioda zener [6][7].



Gambar 1. Schematic Power Supply

Rangkaian dasar penggunaan dioda zener sebagai regulator tegangan dapat dilihat pada Gambar 2.



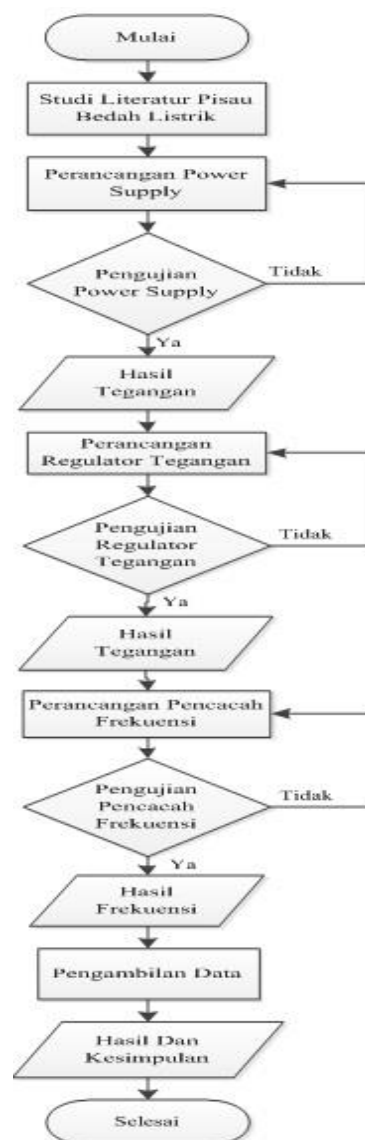
Gambar 2. Rangkaian Regulator Tegangan

Rangkaian pencatu daya (power supply) dengan regulator diode zener pada gambar rangkaian diatas, merupakan contoh sederhana cara pemasangan regulator tegangan dengan dioda zener. Dioda zener dipasang paralel atau shunt dengan L dan R . Regulator ini hanya memerlukan sebuah diode zener terhubung seri dengan resistor R_S . Perhatikan bahwa diode zener dipasang dalam posisi reverse bias. Dengan cara pemasangan ini, diode zener hanya akan berkonduksi saat tegangan reverse bias mencapai tegangan breakdown dioda zener. Penyearah berupa rangkaian diode tipe jembatan (bridge) dengan proses penyaringan atau filter berupa filter-RC. Resistor seri pada rangkaian ini berfungsi ganda. Pertama, resistor ini menghubungkan C1 dan C2 sebagai rangkaian filter. Kedua, resistor ini berfungsi sebagai resistor seri untuk regulator tegangan (dioda zener). Dioda zener yang dipasang dapat dengan sembarang dioda zener dengan tegangan breakdown misal dioda zener 9 volt. Tegangan output transformer harus lebih tinggi dari tegangan breakdown dioda zener, misalnya untuk penggunaan dioda zener 9 volt maka gunakan output transformer 12 volt [8-9].

Rangkaian inverter adalah rangkaian elektronika yang berfungsi untuk mengubah tegangan listrik DC (arus searah) menjadi tegangan AC (bolak-balik). Umumnya rangkaian ini digunakan untuk mendapatkan tegangan ac yang sesuai dengan tegangan PLN (220 volt) dengan memanfaatkan baterai atau aki yang mempunyai tegangan arus searah. Rangkaian ini bisa diaplikasikan pada berbagai fungsi mulai dari kebutuhan rumah tangga sampai industri [10-11].

3. METODOLOGI PENELITIAN

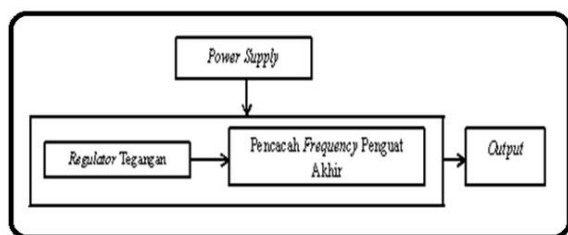
Metode pada penelitian ini terlihat pada diagram alir pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Seperti terlihat pada Gambar 4. Pada perancangan Alat Pisau Bedah pada penelitian ini terbagi menjadi tiga bagian utama, antara lain adalah :

1. *Power supply* dimana digunakan sebagai penyuplai tegangan dari tegangan AC dirubah menjadi tegangan DC terhadap alat yang dirancang.
2. *Regulator* tegangan dimana digunakan sebagai penstabil tegangan yang dihasilkan oleh *power supply*.
3. *Pencacah frequency* dimana digunakan sebagai pencacah gelombang DC. Perancangan alat ini berfungsi sebagai alat pisau bedah yang menggunakan gelombang DC yang dicacah oleh *transistor* 2N3055 sebagai pencacahnya yang akan menghasilkan sinyal *frequency*.



Gambar 4. Blok Diagram Pisau Bedah

Cara kerjanya yaitu pada saat *control voltage* mendapatkan suplai dari tegangan PLN 220 Volt, *main switch* di-ON, maka rangkaian *power supply* akan memberikan suplai tegangan ke seluruh blok rangkaian [11]-[12]. Maka rangkaian *regulator* tegangan & penguat arsupun bekerja dengan hasil tegangan berubah gelombang sinyal DC dengan arus yang besar. Kemudian diteruskan ke rangkaian *inverter* penguat akhir yang berfungsi sebagai pencacah gelombang sinyal DC yang dicacah dengan transistor, transistor yang digunakan adalah transistor 2N3055 yang dimana transistor ini merupakan jenis transistor daya tinggi serta menggunakan trafo step up sebagai penguat akhir yang dapat digunakan untuk proses *cutting*. Setelah itu output dari rangkaian penguat akhir ini melewati elektroda aktif yang akan digunakan untuk menemui objek.

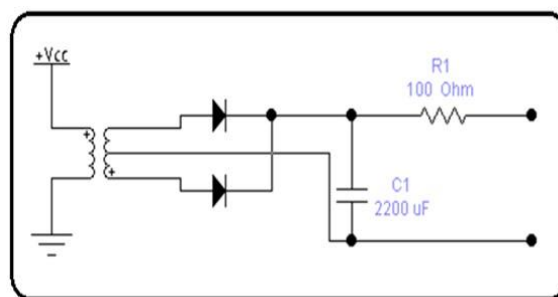
3.1. Power Supply DC

Power supply adalah suatu alat listrik yang dapat menyediakan energi listrik untuk perangkat listrik ataupun elektronika lainnya

[13]. Pada dasarnya *Power Supply* atau Catu daya ini memerlukan sumber energi listrik yang kemudian mengubahnya menjadi energi listrik yang dibutuhkan oleh perangkat elektronika lainnya [14]. Oleh karena itu, *Power Supply* kadang-kadang disebut juga dengan istilah *Electric Power Converter*. Dalam perancangan *power supply* ada beberapa komponen yang digunakan antara lain :

1. Trafo *Step-down* : 1 buah
2. Dioda 6A : 2 buah
3. *Capasitor* 2200uF : 1 buah
4. *Resistor* 100Ω : 1 buah

Pada rangkaian *power supply* DC ini menggunakan output keluaran pada *trafo step down* dengan keluaran sebesar 25V. dan *diode* yang digunakan adalah *diode* silicon sebesar 6A. Gambar 5. merupakan gambar rangkaian *power supply*.



Gambar 5. Rangkaian Power Supply

Pada rangkaian *power supply* ini trafo masukan dari PLN (220 V) diturunkan pada trafo step down dengan keluaran 25Volt, maka tegangan yang dihasilkan dalam perhitungan sebesar 34,25 Volt.

$$V_m = 25\sqrt{2} - 0,7 = 34,65 \text{ Volt}$$

$$\begin{aligned} V_{rms} &= V_m - (V_m \times 10^6) : (4fRC_e) \\ &= 34,65 - ((34,65 \times 10^6) : (4 \times 100 \times 100 \times 2200)) \\ &= 34,25 \text{ Volt} \end{aligned}$$

3.2. Regulator Tegangan

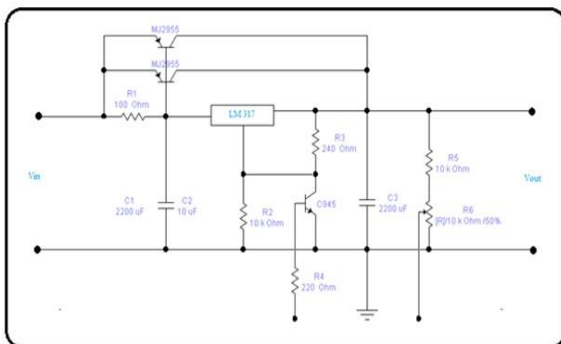
Regulator tegangan adalah bagian *power supply* yang berfungsi untuk memberikan stabilitas output pada suatu *power supply*. Output tegangan DC dari penyearah tanpa regulator mempunyai kecenderungan berubah harganya saat dioperasikan [15-16]. Adanya perubahan pada masukan AC dan variasi beban merupakan penyebab utama terjadinya

ketidakstabilan pada power supply. Dalam perancangan *regulator* tegangan ini menggunakan beberapa komponen antara lain :

1. *Capasitor* 10uF : 1 buah
2. *Transistor* MJ2955 : 2 buah
3. IC LM317 : 1 buah
4. *Resistor* 10KΩ : 3 buah
5. *Resistor* 240Ω : 1 buah
6. *Capasitor* 2200uF : 1 buah

Gambar 6 merupakan gambar rangkaian *Regulator* Tegangan & Penguat Arus. Pada rangkaian *Regulator* Tegangan ini *supply* tegangan dari *power supply* dengan keluaran tegangan 34.25VDC kemudian masuk kedalam rangkaian *regulator* tegangan dan penguat arus. Maka keluaran tegangan sesuai dengan perhitungan sebesar

$$\begin{aligned} V_{out} &= V_{rms} ((R_3 : R_4) + 1) \\ &= 34,25 ((240 : 10000) + 1) \\ &= 35 \text{ Volt (Open Circuit)} \end{aligned}$$

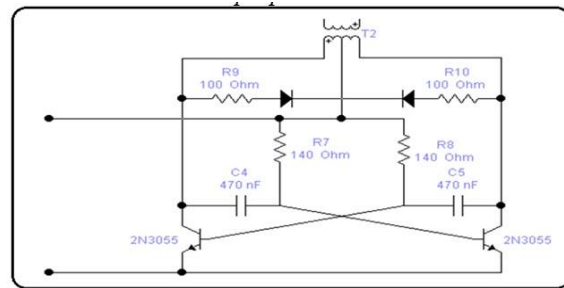


Gambar 6. Rangkaian *Regulator* Tegangan

3.3. Pencacah Frequency

Pada rangkaian penguat akhir digunakan dengan tujuan untuk mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC dengan menggunakan gelombang DC yang dicacah menggunakan transistor 2N3055, dimana jenis transistor ini merupakan transistor daya tinggi yang nantinya akan digunakan untuk melakukan proses *cutting*. Gambar 7. merupakan gambar rangkaian pencacah *frequency*. Dalam perancangan pencacah *frequency* ini menggunakan beberapa komponen antara lain :

1. *Resistor* 100Ω : 2 buah
2. *Resistor* 3.3Ω : 2 buah
3. *Capasitor* 470nF : 2 buah
4. *Transistor* 2N3055 : 2 buah
5. *Trafo* Step-up : 1 buah



Gambar 7. Rangkaian Pencacah *Frequency*

Keluaran *frequency* & tegangan V_{pp} sesuai dengan perhitungan sebesar :

Nilai *frequency* :

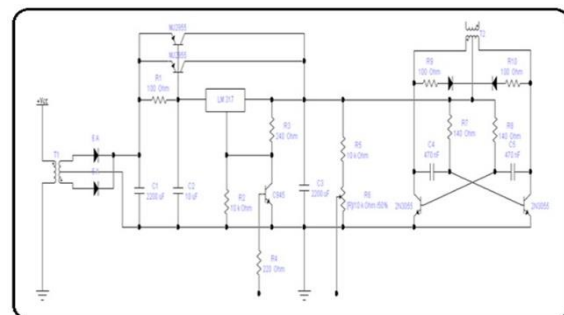
$$\begin{aligned} f &= 0,7 : (R \times C) \\ &= 0,7 : (140\Omega \times 470 \text{ nF}) \\ &= 10,63 \text{ KHz} \end{aligned}$$

Nilai Tegangan V_{pp} :

$$\begin{aligned} V_{rms} &= \frac{V_{max}}{\sqrt{2}} \\ &= 24,7 \text{ Vrms} \\ V_{pp} &= 2 \cdot V_{rms} \cdot \sqrt{2} \\ &= 69,8 \text{ Vpp} \end{aligned}$$

3.4. Rangkaian Alat Bedah

Gambar 8. merupakan gambar rangkaian *electrosurgery unit* secara keseluruhan



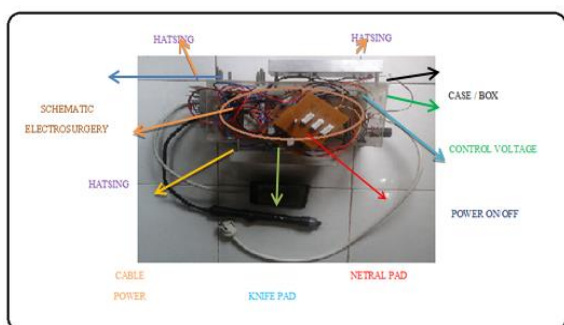
Gambar 8. Rangkaian Alat Bedah

Cara kerja rangkaian *electrosurgery unit* diatas yaitu pada saat *trafo power supply* mendapatkan *supply* tegangan PLN sebesar 220VAC kemudian diturunkan melalui *trafo step-down* dengan keluaran tegangan 32VAC, lalu di searahkan meluli *diode* sehingga gelombang rangkaian akan berubah menjadi VDC, maka akan mengalir tegangan VDC menuju *transistor* LM 317 dimana digunakan untuk *regulator* tegangan yang akan di atur oleh resistor variable, dan sebagian tegangan akan mengalir ke *transistor* MJ 2955 dimana

transistor ini digunakan sebagai penguat arus sehingga dalam rangkaian akan mengeluarkan arus sesuai dengan *data sheet* yang diperoleh dari *transistor* tersebut. Lalu kemudian tegangan akan mengalir menuju rangkaian pencacah *frequency* dimana dalam rangkaian ini tegangan DC akan dicacah melalui *transistor* 2N3055 dimana *transistor* ini merupakan jenis *transistor* daya dan kemudian tegangan dikuatkan melalui *trafo step-up*, hasil dari keluaran tegangan pada *trafo* tersebut digunakan untuk *cutting* pada *probe positive & probe negative*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perancangan alat pisau bedah yang telah dibuat dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Alat Pisau Bedah

4.1. Pengujian Power supply, regulator, dan pencacah frekuensi

Pada rangkaian ini *power supply* digunakan untuk *supply* tegangan alat pisau bedah, maka diperlukan pengukuran terhadap kestabilan tegangan pada rangkaian *power supply* sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil Pengukuran Power Supply

Jumlah Pengukuran	Hasil Pengukuran (Volt)
Pengukuran 1	35,7 V
Pengukuran 2	35,9 V
Pengukuran 3	35,9 V
Pengukuran 4	35,8 V
Pengukuran 5	35,9 V
Hasil Rata – Rata	35,84 V

Pada Tabel 2 menunjukan hasil tegangan yang dilakukan dengan pengukuran menggunakan multimeter dengan menunjukan keandalan tegangan V_{out} pada rangkaian *power supply*. Hasil tegangan ini merupakan hasil

tegangan DC yang dihasilkan oleh rangkaian *power supply* dimana *output trafo stepdown* tegangan AC dirubah menjadi tegangan DC melalui *diode* kemudian menuju kapasitor. Dari hasil pengukuran tegangan yang dilakukan sebanyak lima kali pada rangkaian *power supply* yang berfungsi sebagai sumber catu daya dalam pengujian tegangan rata-rata diperoleh 35,84 Volt. Pada rangkaian ini, kestabilan tegangan yang dihasilkan sudah baik jika dibandingkan dengan hasil perhitungan berdasarkan rumus yaitu sebesar 34,25 Volt.

Pada rangkaian ini *regulator* tegangan digunakan untuk mengatur tegangan alat pisau bedah, maka diperlukan pengukuran terhadap kestabilan tegangan pada rangkaian *regulator* tegangan. Dari hasil pengukuran tegangan yang dilakukan sebanyak lima kali pada rangkaian *regulator* tegangan yang berfungsi sebagai pengatur tegangan DC dalam pengujian tegangan rata-rata diperoleh 35,9 Volt. Pada rangkaian ini, kestabilan tegangan yang dihasilkan sudah baik. Setelah melakukan pengukuran maka dapat dibandingkan antara hasil pengukuran yaitu sebesar 35,9 volt dengan hasil perhitungan berdasarkan rumus yaitu sebesar 35 Volt.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Regulator Tegangan

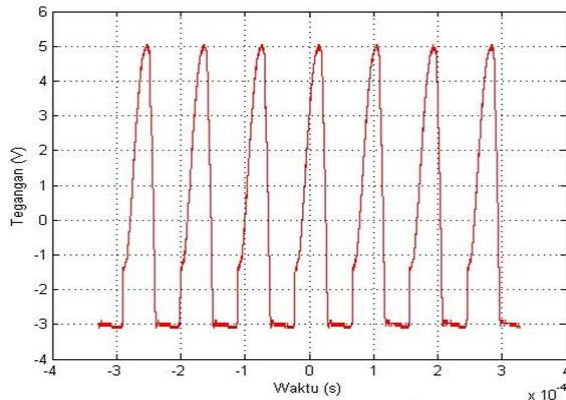
Jumlah Pengukuran	Hasil Pengukuran (Volt)
Pengukuran 1	35,9 V
Pengukuran 2	35,8 V
Pengukuran 3	36,0 V
Pengukuran 4	35,9 V
Pengukuran 5	35,9 V
Hasil Rata – Rata	35,9 V

Pencacah *frequency* merupakan suatu rangkaian elektronika yang berfungsi mencacah gelombang DC sehingga dapat menghasilkan sinyal *frequency* yang dapat dilihat pada *oscilloscope*. Maka diperlukan pengukuran terhadap kestabilan tegangan pada rangkaian pencacah *frequency* sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil Pengukuran Pencacah Frequency

Jumlah Pengukuran	Hasil Pengukuran (Vrms)
Pengukuran 1	28,8 V
Pengukuran 2	28,7 V
Pengukuran 3	28,7 V
Pengukuran 4	28,8 V
Pengukuran 5	28,7 V
Hasil Rata – Rata	28,74 V

Dari hasil pengukuran tegangan yang dilakukan sebanyak lima kali pada rangkaian *regulator* tegangan yang berfungsi sebagai pengatur tegangan DC dalam pengujian tegangan rata-rata diperoleh 81,28Vpp. Adapun bentuk gelombang dari rangkaian pencacah frequency ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Hasil Pengukuran *Frequency*

Dari hasil pengukuran *frequency* yang dilakukan pada pencacah *frequency*, dalam pengujian diperoleh *frequency* sebesar 11,16KHz sementara perhitungan berdasarkan rumus yaitu sebesar 10,63KHz. Dalam pengukuran arus maksimal yang dihasilkan alat pisau bedah sebesar 0.32A, Sehingga dapat diperoleh daya maksimal sebesar :

$$\begin{aligned} P &= V \cdot I \\ &= 81,28V \cdot 0,32A \\ &= 26,0096 \text{ Watt} \end{aligned}$$

4.2. Pengujian Pisau bedah kepada Daging Sapi, Daging Kambing, Daging Kerbau

Pada perancangan pisau bedah listrik ini diperlukan pengujian alat, agar mendapatkan spesifikasi yang diinginkan, oleh karna itu dilakukan uji coba terhadap objek yang telah ditentukan. Perancangan secara keseluruhan perangkat elektro *surgery* ini dapat menghasilkan *frequency* sebesar 11,16 KHz, dan daya yang dihasilkan sebesar 26,0096 Watt, Dengan kedalaman daging 1mm dan lebar 2mm. Tegangan divariasi antara 27,8 Volt – 28,7 Volt.

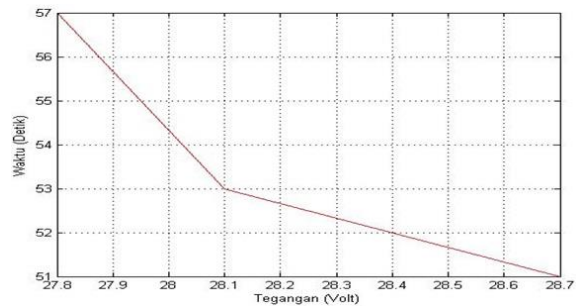
4.2.1. Pengujian Pada Daging Sapi

Hasil pengujian pisau bedah yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 5:

Tabel 5. Hasil Pengujian Pada Daging Sapi

Tegangan (V)	Waktu (t)	Kedalaman	Lebar
28,7 Volt	51 Detik	1 mm	2 mm
28,1 Volt	53 Detik	1 mm	2 mm
27,8 Volt	57 Detik	1 mm	2 mm

Hasil pengujian pada daging sapi dapat ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Pengujian Pada Daging Sapi

Pada Grafik 11. menunjukan hubungan antara tegangan yang dibutuhkan dengan waktu yang diperlukan. Untuk memotong daging sapi dihasilkan kedalaman 1mm dan lebar 2mm. Pada Gambar 11 memperlihatkan pada tegangan 27,8Volt membutuhkan waktu 57detik dalam pengoperasiannya, sedangkan pada tegangan 28,1Volt membutuhkan waktu 53detik dalam pengoperasiannya, dan pada tegangan 28,7Volt membutuhkan waktu 51detik dalam pengoperasiannya, maka dapat ditunjukkan semakin rendah tegangan semakin lama pula waktu yang diperlukan, begitu pula sebaliknya. Semakin tinggi tegangan semakin cepat pula waktu yang diperlukan.

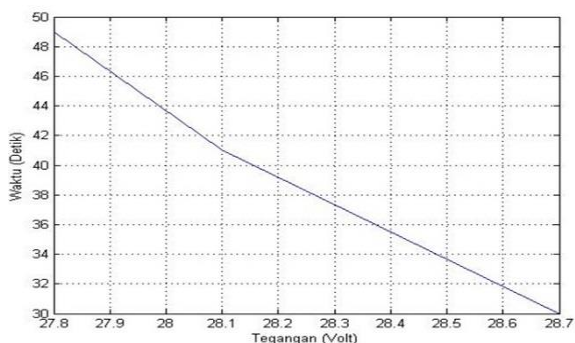
4.2.2. Pengujian Pada Daging Kambing

Hasil pengujian pisau bedah yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 6 :

Tabel 6. Hasil Pengujian Pada Daging Kambing

Tegangan (V)	Waktu (t)	Kedalaman	Lebar
28,7 Volt	30 Detik	1 mm	2 mm
28,1 Volt	41 Detik	1 mm	2 mm
27,8 Volt	49 Detik	1 mm	2 mm

Hasil pengujian pada daging kambing dapat ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Pengujian Pada Daging Kambing

Pada Gambar 13 menunjukkan hubungan antara tegangan yang dibutuhkan dengan waktu yang diperlukan. Untuk memotong daging kambing dihasilkan kedalaman 1mm dan lebar 2mm. Pada Gambar 12 memperlihatkan pada tegangan 27,8Volt membutuhkan waktu 49detik dalam pengoprasiaannya, sedangkan pada tegangan 28,1Volt membutuhkan waktu 41detik dalam pengoprasiaannya, dan pada tegangan 28,7Volt membutuhkan waktu 30detik dalam pengoprasiaannya, maka dapat tunjukkan semakin rendah tegangan semakin lama pula waktu yang diperlukan, begitu pula sebaliknya. Semakin tinggi tegangan semakin cepat pula waktu yang diperlukan.

4.2.3. Pengujian Pada Daging Kerbau

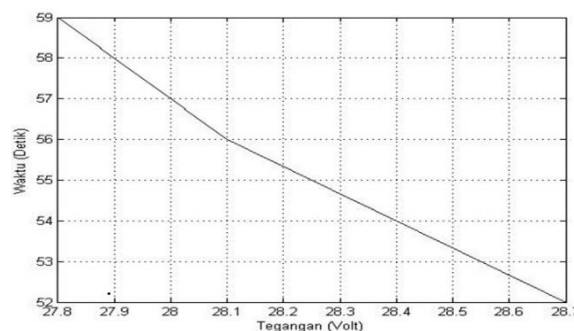
Hasil pengujian pisau bedah yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 7 :

Tabel 7. Hasil Pengujian Pada Daging Kerbau

Tegangan (V)	Waktu (t)	Kedalaman	Lebar
28,7 Volt	52 Detik	1 mm	2 mm
28,1 Volt	56 Detik	1 mm	2 mm
27,8 Volt	59 Detik	1 mm	2 mm

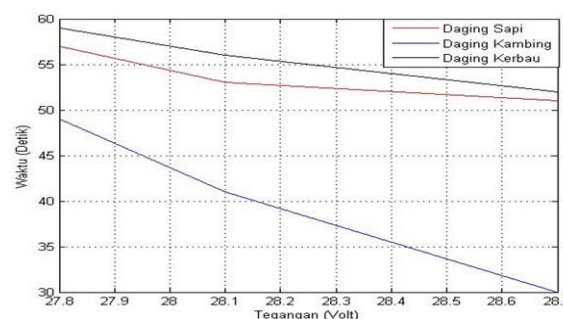
Hasil pengujian pada daging kerbau dapat ditunjukkan pada Gambar 13. Pada Gambar 13. menunjukkan hubungan antara tegangan yang dibutuhkan dengan waktu yang diperlukan. Untuk memotong daging kambing dihasilkan kedalaman 1mm dan lebar 2mm. Pada Gambar 13 memperlihatkan pada tegangan 27,8Volt membutuhkan waktu 59detik dalam pengoprasiaannya, sedangkan pada tegangan 28,1Volt membutuhkan waktu 56detik dalam pengoprasiaannya, dan pada tegangan 28,7Volt membutuhkan waktu 52detik dalam pengoprasiaannya, maka dapat ditunjukkan

semakin rendah tegangan semakin lama pula waktu yang diperlukan, begitu pula sebaliknya. Semakin tinggi tegangan semakin cepat pula waktu yang diperlukan.



Gambar 13. Pengujian Pada Daging Kerbau

Dari ketiga pengujian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan pada Gambar 14 :



Gambar 14. Hasil Pengujian Terhadap Daging

Dari ketiga pengujian yang telah dilakukan dengan menggunakan ukuran panjang dan lebar 10 cm x 10 cm yang masing-masing jenis daging dengan ukuran disamakan, maka dapat dilihat dari rata-rata waktu dari ketiga jenis daging yang dilakukan adalah :

1. Daging Sapi

$$\frac{51 + 53 + 57}{3} = 53,66 \text{ detik}$$
2. Daging Kambing

$$\frac{30 + 41 + 49}{3} = 40 \text{ detik}$$
3. Daging Kerbau

$$\frac{52 + 56 + 59}{3} = 55,66 \text{ detik}$$

Maka dari hasil perhitungan rata-rata waktu diatas dapat disimpulkan bahwa daging kerbau memiliki karakteristik daging paling keras

diantara ketiga jenis ini sehingga memiliki waktu paling lama untuk hasil pemotongannya dengan membutuhkan waktu 55,66 detik dalam pengoprasiannya. Sedangkan daging kambing memiliki karakteristik daging paling lembut diantara kedua ketiga jenis ini sehingga memiliki waktu paling sedikit untuk hasil pemotongannya dengan membutuhkan waktu 40 detik dalam pengoprasiannya. Namun aging sapi memiliki karakteristik daging lebih lunak dari daging kerbau, akan tetapi memiliki karakteristik daging lebih keras dari daging kerbau, sehingga dalam pemotongannya membutuhkan waktu 53,66 detik dalam pengoprasiannya. Tabel 8 menunjukan perbandingan antara perhitungan dengan perancangan alat pisau bedah.

Tabel 8. Hasil Perbandingan Antara Perhitungan Dan Pengukuran

Kinerja	Ref [1]	Perhitungan	Pengukuran
Frequency	450 KHz	10,63 KHz	11,16 KHz
Daya	47,97 Watt	21,3 Watt	26,0096 Watt
Lebar	2 mm	2 mm	2 mm
Kedalaman	1 mm	1 mm	1 mm

Dari Tabel 8 dapat disimpulkan perbandingan antara referensi yang didapat dengan perancangan alat pisau bedah. Dengan perbedaan *frequency* dari referensi menggunakan *frequency* 450KHz dengan perancangan menggunakan *frequency* 11,16 KHz dan perbedaan daya dari referensi sebesar 47,97Watt dengan perancangan menggunakan daya sebesar 26 Watt, dapat menghasilkan kedalaman & lebar pemotongan pada hasil daging yang sama. Namun dengan daya *relative* rendah sehingga dapat meminimalisir adanya *sparkover* penyebab luka bakar.

5. KESIMPULAN

Alat Rancang Bangun *Low Power Elektro Surgery* (Pisau Bedah Listrik) Pada *Frequency* 10 KHz. Menghasilkan daya sebesar 26,0096 Watt dan *frequency* sebesar 11,16 KHz.

1. Pada daging sapi dengan menggunakan tegangan 28,7 Volt membutuhkan waktu 51 detik , dengan menggunakan tegangan 28,1 Volt membutuhkan waktu 53 detik, dengan menggunakan tegangan 27,8 Volt

membutuhkan waktu 57 detik.

2. Pada daging kambing dengan menggunakan tegangan 28,7 Volt membutuhkan waktu 30 detik, dengan menggunakan tegangan 28,1 Volt membutuhkan waktu 41 detik, dengan menggunakan tegangan 27,8 Volt membutuhkan waktu 49 detik.
3. Pada daging kerbau dengan menggunakan tegangan 28,7 Volt membutuhkan waktu 52 detik, dengan menggunakan tegangan 28,1 Volt membutuhkan waktu 56 detik, dengan menggunakan tegangan 27,8 Volt membutuhkan waktu 59 detik.
4. Jika dibandingkan dengan hasil penelitian rancang bangun alat pisau bedah listrik ini daya rendah dan *frequency* rendah, sehingga dapat meminimalisir terjadinya *spark over*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Joko Sunardi, M.Fajri.S, Toto.T. 2011. Rancang Bangun Pisau Bedah Listrik Dengan *Frequency* 450KHz (ESU). Yogyakarta : STTN-BATAN
- [2] Bangkit Anggun W. 2010. Analisa Ketidakpastian *Electrosurgical Unit*. Surabaya : ITS
- [3] Daniel Palanker. 2008. *Mechanism of Interaction in Electrosurgery*. USA : Stanford Univerity
- [4] Malvino. 2003. *Prinsip-Prinsip Elektronika*. Terjemah Joko Susanto. Depok: Salemba Teknik.
- [5] Cooper, David, William. 1993. Instrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran. Penerbit Erlangga.
- [6] Hayt, H. William. 1996. Rangkaian Listrik. Penerbit ITB Bandung.
- [7] Fitzgerald,A,E dan Gabriel A,1985. Dasar-Dasar Elektroteknik, Penerjemah Pantur Silaban, Edisi kelima jilid 2, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [8] Malvino, 1996, Prinsip-Prinsip Elektronika Edisi Ke Tiga. Penerbit Erlangga.
- [9] Soedjono, H. Hartanto. 2002. *Merakit Elektronika*. Semarang : Effar.
- [10] Warsito,S,1996, Kamus Elektronika Indonesia, Edisi Yang disempurnakan, Penerbit PT.Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- [11] Diana S. 2011. *Electro Surgical*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh November.

- [12] Andi Ardiansyah, Hirawan Antoni. 2010. *Electro Surgical Unit Sebagai Alat Bantu Bedah*. Jakarta : Universitas Mercu Buana.
- [13] Matias H.W. Budhiantho, Gunawan Dewantoro, Demas Sabatino.” Perancangan Penguat Awal Menggunakan Tabung Hampa Pada Aras Tegangan Rendah” Jurnal Nasional Teknik Elektro. Vol 4, No 1. 2015.
- [14] Prof.Dr.Zuhal M.Sc.EE, Ir.Zhanggischan. 2004. Prinsip Dasar Elektroteknik, Penerbit PT.Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- [15] Malvino,A.P. *Prinsip-prinsip Elektronik edisi ke 2*. Alih bahasa Gunawan, Hanapi. Jakarta : Erlangga.
- [16] Bishop, Owen. 2004. *Dasar-Dasar Elektronika*. Alih bahasa Harmeim, Izham. Jakarta : Erlangga.

Biodata Penulis

Teguh Firmansyah, Lahir di Subang pada tahun 1987. Melanjutkan Studi S-1 dan S-2 di Teknik Elektro. Universitas Indoensia. dengan predikat Cumlaude. Bidang penelitian meliputi RF and Wireless Communications. Broadband and Multiband Communications. Antenna and Propagation. Wireless Sensor Networks (WSN). Internet of Thing (IoT) and Machine to Machine (M2M) Communications. Beberapa jurnal penulis, telah diterima di Jurnal Internasional terindeks. Selain itu, Penulis memiliki HKI sebanyak 3 buah. Saat ini aktif mengajar di JTE Untirta, serta tergabung dalam Wireless Antenna Communication Enginerring Studies (WACES). Teknik Elektro Untirta.