

Unit *Electrosurgery* dengan Mode Bipolar (*CUTTING*)

Muhammad Adam Yazid Zinedine #, Tri Bowo Indrato, Lamidi
Jurusan Teknologi Elektro-medis Poltekkes Kemenkes, Surabaya
Jl. Pucang Jajar Timur No. 10, Surabaya, 60245, Indonesia
#adamyazid66@gmail.com, tribowo.tem81@gmail.com, justlamidi@yahoo.co.id

| Info Artikel | Abstrak |
|--|---|
| <p>Penerimaan Artikel: Diterima 9 Maret 2019 Revisi 15 Des 2020 Terbit 18 Des 2020</p> <hr/> <p>Kata kunci: Electrosurgery Bipolar Cutting Frekuensi Daya Jaringan</p> | <p>Kehilangan banyak darah saat dilakukannya tindakan pembedahan dengan menggunakan pisau bedah konvensional merupakan hal yang sangat dihindari. Tujuan dari penelitian ini yaitu menggantikan pisau bedah konvensional dengan alat yang memanfaatkan frekuensi tinggi yang diatur duty cycle-nya kemudian dipusatkan pada satu titik. Peneliti memanfaatkan efek panas yang dihasilkan oleh frekuensi tinggi yang dipusatkan pada satu titik sehingga dapat digunakan untuk proses tindakan pembedahan dan pemotongan (cutting) pada jaringan tubuh sehingga dapat meminimalisir terjadinya kehilangan banyak darah. Peneliti memanfaatkan frekuensi tinggi sebesar 350 KHz yang diatur dengan duty cycle sebesar 100% on serta dilengkapi dengan 3 tingkatan pemilihan daya dan menggunakan forceps sebagai media untuk memusatkan frekuensi tinggi pada satu titik. Rancangan modul terdiri dari pembangkit frekuensi 350 KHz, rangkaian pengatur pulsa untuk mengatur duty cycle, rangkaian pengatur daya sebagai setting daya, rangkaian driver untuk menggabungkan frekuensi dengan daya yang disetting sehingga didapatkan output yang berbeda sesuai dengan setting, dan rangkaian inverter untuk menaikkan tegangan. Pada penelitian ini, setelah dilakukan pengukuran menggunakan osiloscope pada rangkaian driver, didapatkan output amplitudo rata-rata pada setiap setting low, medium, dan high sebesar 14 Vpp, 19.5 Vpp, dan 22.5 Vpp.</p> <p><i>Abstract</i> <i>Losing a lot of blood when doing surgery using a conventional scalpel is the thing that should be avoided. The purpose of this study is to replace conventional scalpels with tools that utilize a high frequency regulated duty cycle which centered on one point. Researchers utilize the heat effects produced by high frequencies that are centered on one point, to be used for the process of surgery and cutting in the body tissues as to minimize the occurrence of a lot of blood loss. Researchers utilize a 350 KHz high frequency which is set with a 100% on duty cycle and is equipped with 3 levels of power selection and forceps as a medium to concentrate the high frequencies at one point. The module design consists of a 350 KHz frequency generator, a pulse regulator circuit to adjust the duty cycle, a power regulator circuit as a power setting, a driver circuit to combine the frequencies with the set up power to produce different outputs in accordance with the settings, and the inverter circuit to raise the charge. In this study, after doing an oscilloscope measurement on the driver circuit, the average amplitude output obtained for each setting low, medium, and high are 14 Vpp, 19.5 Vpp, and 22.5 Vpp.</i></p> |
| <p>Penulis korespondensi: Lamidi Jurusan Teknologi Elektro-medis Poltekkes Kemenkes, Surabaya Jl. Pucang Jajar Timur No. 10, Surabaya, 60245, Indonesia Email: justlamidi@yahoo.com</p> | <p>This work is an open access article and licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License(CC BY-SA 4.0).</p>  |

I. PENDAHULUAN

Berdasarkan jenis elektroda aktifnya, electrosurgery dapat dikategorikan menjadi dua bagian besar, yaitu electrosurgery tipe monopolar dan tipe bipolar[1]. Electrosurgery bipolar adalah salah satu perangkat yang paling banyak dilakukan pada bedah umum dan digunakan di seluruh disiplin ilmu bedah. Namun, kurang dipahami penggunaannya[2]. Asap bedah elektro mengandung bahan kimia berbahaya. Selain itu, bakteri dan virus dapat ditularkan melalui asap ini[3]. Berdasarkan masalah saat ini sistem generator ESU, ada permintaan penelitian untuk mengembangkan kontrol termal pada bedah elektro[4]. Power

elektronik secara luas digunakan dalam biosains dan instrumen medis seperti uinit bedah mikro, MRI dan X-ray. Perkembangan lanjutan dalam catu daya mode sakelar mengarah ke topologi desain baru konverter DC ke DC untuk sistem bedah mikro[5]. Model sistem ESG untuk kontrol termal perangkat bedah elektro bipolar yang akurat memprediksi tingkat penyebaran termal khususnya elektroda dan jaringan[6]. Penggunaan tegangan frekuensi tinggi, lebih tinggi dari 200 Vpeak, dan kepadatan arus tinggi, menghasilkan bunga api, adalah prinsip sinyal bedah listrik[7]. Ada hubungan yang jelas antara pengaturan daya operasi elektro dan penyebaran superfisial kerusakan jaringan namun efek pengaturan daya dan jaringan dalam penetrasi tidak

begitu jelas[8]. Low power electric surgery memiliki daya rendah dan frekuensi rendah, sehingga dapat meminimalisir terjadinya spark over dengan kecepatan proses pemotongan yang baik[9]. Perancangan transformator frekuensi tinggi yang diterapkan pada konverter dc-dc full-bridge phase-shifted transformator menunjukkan bentuk gelombang tegangan dan arus yang hampir sama[10]. Bedah elektro yang juga dapat disebut sebagai radiosurgery telah digunakan dalam kedokteran gigi selama lebih dari 50 tahun[11]. ESU beroperasi pada mode monopolar dengan menggunakan elektroda aktif dan mode bipolar dengan menggunakan elektroda bipolar seperti gunting bedah (forceps)[12]. Pengujian dan kalibrasi electrosurgical untuk mengetahui data-data hasil kalibrasi yang berdasarkan pada prosedur pengujian dan kalibrasi Electrosurgical unit dari Balai Pengamanan Fasilitas Kesehatan Republik Indonesia, dengan ketentuan bahwa keluaran electrosurgical unit berada dalam ambang batas ($\pm 10\%$ untuk setting cutting dan setting coagulation) dari setting pada saat pengujian[13]. Membandingkan proses penyembuhan dari luka insisi menggunakan pisau bedah dan pisau elektrokauter yang dinilai dengan Vancouver Scar Score (VSS) pada operasi dengan luka bersih[14]. Untuk mengetahui performa dari ESU bisa dilakukan dengan pengujian kelayakan dan pengujian safety menggunakan analisa ketidakpastian pengukuran, dan juga dengan pengujian keandalan menggunakan analisa kuantitatif yang berdasarkan data kegagalan dan data perbaikan selama periode 2005-2010. Pada analisa keandalan ada 3 komponen yang sering mengalami kegagalan yaitu elektroda aktif, elektroda pasif dan foot switch[15].

Pada penelitian tahun 2011 di buat modul Rancang Bangun Pisau Bedah Listrik dengan frekuensi 450 kHz (ESU). Telah dilakukan rancang bangun pisau bedah listrik dengan frekuensi 450 kHz digunakan dalam operasi bedah tubuh menggunakan loncatan arus listrik. Alat ini terdiri dari rangkaian pembangkit frekuensi tinggi, pengatur intensitas, transformator pengganda tegangan dan electrode keluaran. Hasil pembuatan menunjukkan bahwa frekuensi 450 Khz dapat digunakan untuk memotong jaringan tubuh dengan kedalaman minimal 1 mm dan maksimal 2 mm[16]. Pada penelitian tahun 2015 sudah ada yang menganalisa sinyal tegangan keluaran pada electrosurgery unit pada alat bedah medik yang mendapatkan hasil, frekuensi 100 KHz sampai dengan 200 KHz. Hasil akhir adalah tegangan keluaran 1350 Vpp frekuensi 100 KHz dan 1130 Vpp frekuensi 200 KHz yang dinaikkan menggunakan transformator step up selanjutnya dilewatkan pada tubuh pasien melalui pisau elektroda aktif. Hasil penelitian ini membuat dan menganalisa frekuensi 100 KHz pada tegangan keluaran sebesar 1350 Vpp dapat digunakan pada electro surgical dan dilakukan uji irisan pada kedalaman 1.5 mm dengan jarak antara elektroda aktif dan daging sekitar 0.7 mm[17]. Pada penelitian tahun 2018 dibuat modul dengan judul High Frequency (HF) Desiccator Aaron 940™ atau biasa disebut Electro Surgery Unit (ESU) berdaya rendah, menghasilkan arus frekuensi radio yang

berguna untuk menghilangkan dan menghancurkan objek jerawat atau infeksi pada kulit. Hal ini dilakukan dengan melakukan prosedur pengeringan dan fulgurasi. Electrosurgical desiccation terjadi saat elektroda aktif ditempatkan langsung ke permukaan objek. Fulguration terjadi ketika elektroda aktif dipegang sedikit di atas objek. Istilah electrosurgery (juga disebut operasi frekuensi radio) mengacu pada arus bolak-balik frekuensi tinggi melalui jaringan untuk mendapatkan efek bedah tertentu. Dengan frekuensi diatas 300 kHz, penggunaan HF Desiccator dinilai lebih aman karena dapat menghilangkan efek faradik dan elektrolisis yang berbahaya bila terkena pasien langsung. Alat ini terdiri dari rangkaian pembangkit frekuensi tinggi, pengatur intensitas, transformator pengganda tegangan dan electrode keluaran. Alat tersebut masih memiliki kekurangan yaitu pada rangkaian pembangkit frekuensi yang belum stabil serta frekuensi yang kurang maksimal[18]. Pada penelitian tahun 2019 dibuat modul mengenai "Electrosurgery Unit Monopolar Equipped with Cutting and Coagulation Function" peneliti alat tersebut merancang modul electrosurgery unit monopolar. Modul tersebut menggunakan generator frekuensi tinggi dengan pemilihan mode cutting dan coagulation, serta dilengkapi dengan pemilihan daya mulai dari low, medium, dan high. Peneliti alat tersebut mendapatkan hasil frekuensi output yang dihasilkan generator sebesar 300 KHz, dengan daya yang terbaca di alat electrosurgery analyzer mode cutting yang bertindak sebagai alat kalibrasi electrosurgery unit didapatkan daya pada pemilihan low sebesar 28 Watt, medium sebesar 36.5 Watt, dan high sebesar 43.5 Watt. Sedangkan pada mode coagulation di dapatkan daya pada pemilihan low sebesar 2.2 Watt, medium sebesar 2.8 Watt, dan high sebesar 3.1 Watt. Selanjutnya alat di kembangkan lagi oleh Dhany Alvianto Wibaksono (2019) dengan judul "Electrosurgery Unit Monopolar (Cutting)" dengan pemilihan daya, serta akan di lengkapi pemilihan daya yang di tampilkan ke LCD karakter serta mengganti system menjadi arduino. Alat tersebut masih menggunakan frekuensi tetap 300 kHz. Sedangkan pada peneliti akan menggunakan frekuensi tetap sebesar 350 kHz agar daya yang di hasilkan semakin besar, karena semakin besar frekuensi semakin besar daya, dan semakin besar daya semakin dalam hasil pemotongan pada jaringan[19]. Pada Penelitian tahun 2019 di buat sebuah modul Electrosurgery unit (Pure Cut) mode bipolar. Adapun yang menjadi penulis melatar belakangi pembuat modul ini karena peralatan bedah yang berfungsi melakukan pembedahan dengan meminimalisir darah yang dikeluarkan oleh pasien, dengan memanfaatkan frekuensi tinggi dan arus listrik untuk memotong (cutting), mengental (coagulation), dan pengeringan jaringan (fulguration). Namun pada penelitian ini menggunakan mode cutting saja dengan dua pemilihan daya dan frekuensi dapat diatur dengan rentan 100 kHz sampai 300 kHz. Penelitian ini mendapatkan hasil dengan daya terendah 6,5 Watt dan daya tertinggi 38,6 Watt, yang mempengaruhi hasil ukur daya tegangan, arus, hambatan, dan frekuensi. Bipolar electrosurgery adalah salah satu alat bedah yang paling umum

digunakan untuk seluruh pembedahan pada tifik tertentu, berdasarkan hal tersebut perlu adanya alat bedah dengan mode bipolar untuk pembedahan minor misal pada organ tubuh tertentu yang membutuhkan lingkup kecil pada manusia dengan menggunakan frekuensi tinggi. Alat tersebut masih memiliki kekurangan pada pemilihan frekuensi. Dari pengalaman peneliti, alat ESU yang ada, tidak ada pemilihan pada frekuensi dalam pengoperasiannya[20]

Berdasarkan kelemahan pada peneliti-peneliti sebelum nya yang telah di sebutkan antara lain 1) Kurang maksimal nya rangkaian pembangkit frekuensi, 2) Meningkatkan frekuensi di atas 300KHz agar daya yang di hasilkan lebih besar dan hasil pemotongan pun lebih maksimal. 3) Adanya pemilihan frekuensi, Dari pengalaman peneliti, alat ESU yang ada, tidak ada pemilihan pada frekuensi dalam pengoperasiannya. Maka tujuan penelitian ini yaitu membuat alat “Electrosurgery Unit Bipolar (Cutting)” dengan frekuensi tinggi yang di tetapkan 350KHz dan pemilihan daya. Pemilihan daya akan di tampilkan ke LCD karakter dengan menggunakan arduino sebagai systemnya.

Artikel ini terdiri dari 5 bagian, bagian I berisi pendahuluan, bagian II berisi bahan dan metode yang akan dilakukan, bagian III merupakan hasil-hasil yang didapatkan pada penelitian ini, bagian IV adalah diskusi, dan bagian V berisi kesimpulan.

II. BAHAN DAN METODE

A. Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan frekuensi input 350 KHz, dengan duty cycle 100% on untuk mode cutting. Serta dilengkapi dengan 3 tingkatan pemilihan daya low, medium, high. Menggunakan media sabun atau usus sebagai sampel.

1) Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan elektroda bipolar sebagai penyalur tegangan dengan di ikuti aliran frekuensi tinggi untuk memotong sampel sabun atau usus dan footswitch sebagai kontrol serta tampil pada display lcd karakter 20x4. Osilator sebagai pembangkit frekuensi dan trafo step up sebagai penaik tegangan tinggi. Menggunakan multimeter (HELES, UX 78 TR) untuk mengukur tegangan dan menggunakan osiloscope digital (GW INSTRON, GDS-3152) untuk mengukur frekuensi.

2) Percobaan

Pada penelitian ini peneliti melakukan penyusunan modul dengan menggunakan frekuensi tinggi dan tegangan dengan tampilan LCD karakter 2x20. Peneliti melakukan beberapa pengujian diantaranya :

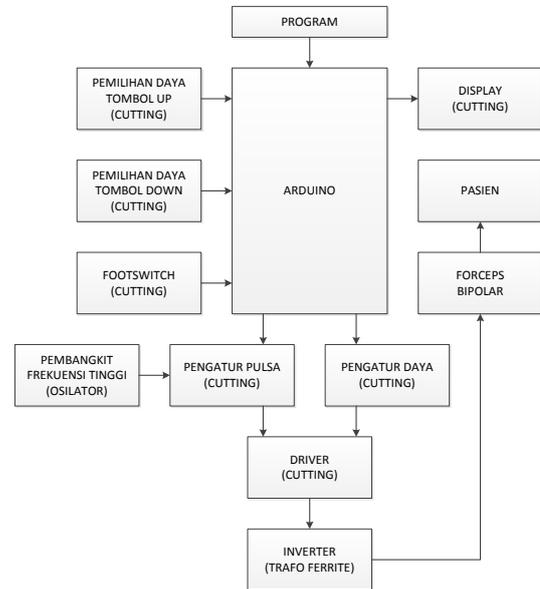
a. Pengukuran frekuensi pada rangkaian osilator (pembangkit frekuensi) menggunakan alat ukur *osiloscope* dengan 2 kali pengukuran pada saat frekuensi setting 350 KHz.

b. Pengukuran tegangan pada rangkaian pengatur daya menggunakan alat ukur multimeter dengan 2 kali pengukuran

pada saat setting mode LOW 1,6 V, MEDIUM 3 V. dan HIGH 7,5 V.

c. Pengukuran amplitudo pada rangkaian driver setelah trafo *couple* yang menggunakan jenis trafo ferrite menggunakan alat ukur *osiloscope* dengan 2 kali pengukuran pada saat setting mode LOW 14 Vpp, MEDIUM 19,5 Vpp, dan HIGH 22,5 Vpp.

B. Blok Diagram

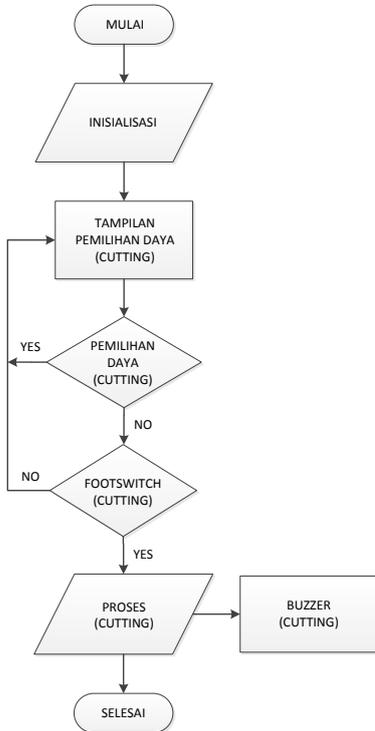


Gambar 1. Blok Diagram Electrosurgery Unit Bipolar (Cutting)

Ketika tombol power ditekan maka tegangan dari PLN akan masuk ke saklar yang berfungsi untuk men-supply power supply DC yang kemudian output dari power supply DC akan di distribusikan tegangannya ke semua rangkaian, maka setelah itu seluruh rangkaian akan mendapatkan supply tegangan dari power supply berupa tegangan DC. Input dari footswitch berfungsi sebagai saklar untuk melakukan pembedahan dengan mode cutting dengan indikator berupabunyi buzzer. Selanjutnya tombol pemilihan daya up dan tombol pemilihan daya down berfungsi sebagai pengatur daya pada cutting kemudian melalui arduino yang bertindak sebagai mikrokontroler pengaturan daya yang diatur sesuai daya yang diinginkan kemudian hasil pemilihan daya akan ditampilkan pada display LCD karakter. Selanjutnya untuk duty cycle pada mode cutting maka terdapat blok pengatur pulsa yang diatur melalui arduino. Untuk cutting menggunakan duty cycle yaitu 100% on. Kemudian pada saat proses pembedahan menggunakan frekuensi tinggi dan telah ditetapkan maka terdapat blok rangkaian pembangkit frekuensi tinggi yang dapat menghasilkan frekuensi tinggi yang biasa disebut osilator. Dari blok pembangkit frekuensi tinggi kemudian masuk pada blok pengatur pulsa yang duty cycle frekuensi input sebesar 100% nantinya akan diubah menjadi frekuensi yang duty cycle-nya menjadi 100% on dan

akan diolah pada blok driver yang telah dilakukan pengaturan daya sebelumnya. Selanjutnya setelah pengolahan melalui blok driver lalu akan masuk pada rangkaian inverter. Pada rangkaian inverter terdapat trafo ferit yang berfungsi untuk menaikkan tegangan output dari driver. Kemudian output dari trafo ferit akan masuk pada forceps yang kemudian digunakan untuk proses pembedahan berupa proses cutting.

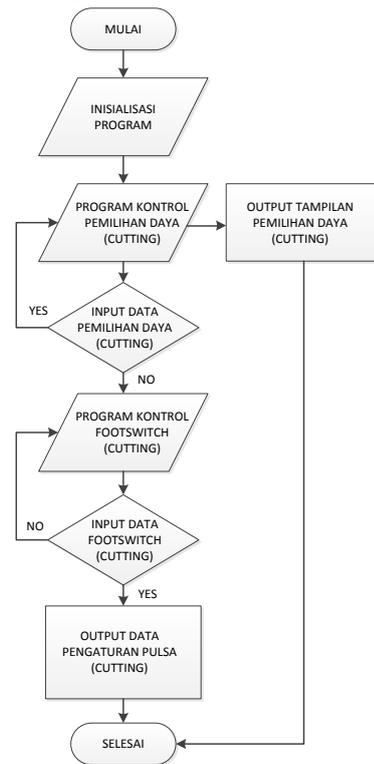
C. Diagram Alir Proses



Gambar 2. Diagram Alir Proses Electrosurgery Unit Bipolar (Cutting)

Diagram alir proses ketika tombol power ditekan maka alat akan memulai inisialisasi sistem alat, selanjutnya akan muncul tampilan daya baik low, medium, maupun high di LCD karakter cutting yang nantinya daya tersebut akan digunakan pada proses cutting. Saat tombol pemilihan daya ditekan baik up maupun down maka akan merubah daya yang akan digunakan pada proses pembedahan cutting dan merubah tampilan daya baik low, medium, maupun high pada LCD karakter cutting. Footswitch berfungsi sebagai kontrol alat untuk melakukan proses disertai dengan bunyi buzzer untuk informasi dari proses saat pembedahan cutting berlangsung. Saat footswitch ditekan maka akan terjadi proses pembedahan cutting pada objek atau media dengan daya yang telah di pilih dan ditampilkan pada LCD karakter cutting disertai dengan bunyi buzzer cutting.

D. Diagram Alir Prgram

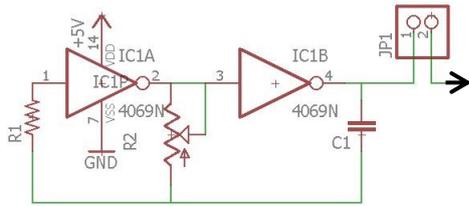


Gambar 3. Diagram Alir Program Electrosurgery Unit Bipolar (Cutting)

Diagram alir program ketika tombol power ditekan maka program akan melakukan inisialisasi. Program kontrol pemilihan daya berfungsi untuk mengatur besaran daya output yang akan digunakan pada proses pembedahan cutting dan besaran daya yang dipilih akan ditampilkan pada LCD karakter cutting. Saat terdapat input data dari hardware maka program kontrol pemilihan daya akan merubah besaran daya yang akan digunakan pada proses pembedahan cutting sesuai dengan input-an data yang masuk pada program kontrol pemilihan daya dan besaran daya yang telah dipilih dari input-an akan ditampilkan pada LCD karakter cutting. Program kontrol footswitch berfungsi untuk mengatur proses pengaturan pulsa yang akan digunakan pada proses pembedahan cutting. Saat program kontrol footswitch mendapatkan input-an dari hardware maka program kontrol footswitch akan mengeluarkan output berupa pulsa yang nantinya akan digunakan pada proses pembedahan cutting.

E. Rangkaian

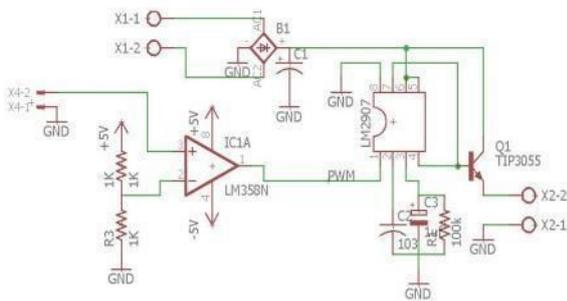
- 1) Rangkaian Pembangkit Frekuensi



Gambar 4. Rangkaian Pembangkit Frekuensi

Rangkaian pembangkit frekuensi atau biasa disebut dengan rangkaian osilator merupakan rangkaian yang bekerja secara terus menerus. Pada modul ini peneliti menggunakan gerbang NOT dengan IC CMOS CD 4069 sebagai pembangkit frekuensi tinggi yang akan digunakan dalam modul electrosurgery unit bipolar ini. Frekuensi tinggi yang digunakan oleh peneliti sebesar 350 KHz.

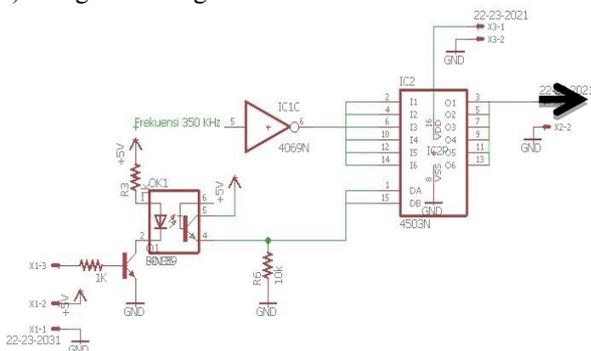
2) Rangkaian Pengatur Daya



Gambar 5. Rangkaian Pengatur Daya

Rangkaian pengatur daya merupakan rangkaian yang berfungsi untuk mengatur amplitudo dari output rangkaian driver. Pada modul ini peneliti menggunakan IC LM2907 sebagai pengubah frekuensi ke tegangan. Frekuensi yang di rubah ke tegangan merupakan frekuensi keluaran dari arduino. Melalui arduino frekuensi di atur dengan program sesuai dengan kebutuhan pada setiap tingkatan daya yang dibutuhkan.

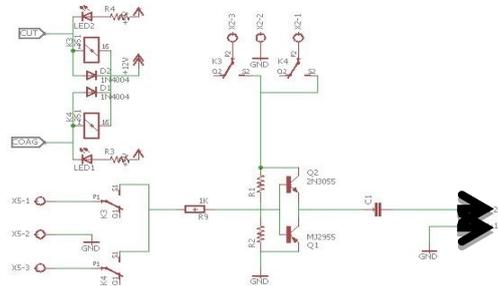
3) Rangkaian Pengatur Pulsa



Gambar 6. Rangkaian Pengatur Pulsa

Rangkaian pengatur pulsa merupakan rangkaian yang berfungsi untuk mengatur bentuk pulsa utama yang dihasilkan oleh pembangkit frekuensi 350 KHz yang semula bentuknya kontinyu menjadi tidak kontinyu karena dipotong oleh pulsa dengan duty cycle 100% on kemudian frekuensi yang telah diatur oleh pegatur pulsa diteruskan ke rangkaian driver.

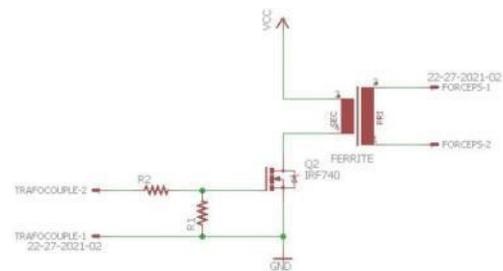
4) Rangkaian Driver



Gambar 7. Rangkaian Driver

Rangkaian driver merupakan rangkaian yang berfungsi untuk mengabungkan antara frekuensi sinyal cutting dengan tegangan pada output rangkaian pengatur daya kemudian diteruskan pada trafo couple yang nantinya digunakan untuk memberikan trigger pada gate MOSFET di rangkaian inverter. Driver terdiri dari transistor PNP, NPN, dan trafo couple.

5) Rangkaian Inverter



Gambar 8. Rangkaian Inverter

Rangkaian Inverter adalah rangkaian yang digunakan untuk mengubah tegangan DC 94 volt menjadi AC tegangan tinggi. Di dalam rangkaian tersebut terdapat mosfet IRF740 yang digunakan untuk driver tegangan tinggi.

6) Modul Arduino



Gambar 9. Modul Arduino (sumber: ptronics.com)

Modul arduino berfungsi sebagai kontrol input untuk melakukan pemilihan daya dengan mengeluarkan frekuensi untuk dirubah menjadi tegangan oleh rangkaian pengatur daya. Mengatur display LCD karakter 20x4. Mengeluarkan output PWM untuk mengatur duty cycle 100% on pada rangkaian pengatur pulsa dan digunakan sebagai kontrol footswitch untuk saklar relay cutting pada rangkaian driver serta membunyikan buzzer.

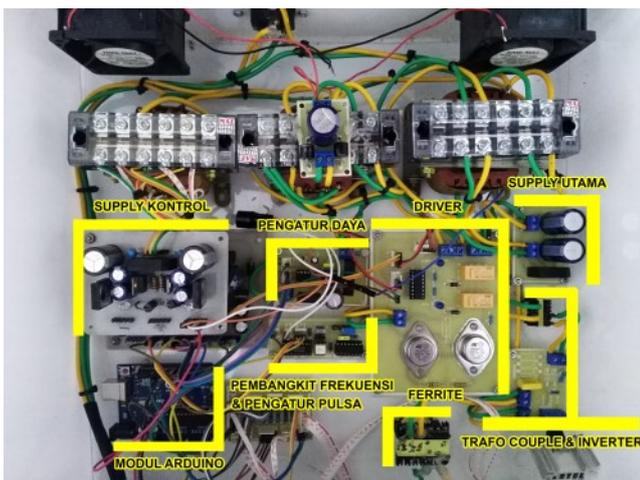
III. HASIL

Pada penelitian ini, modul electrosurgery unit bipolar (cutting) dilakukan percobaan pembedahan dengan mode cutting pada media usus dan sabun.



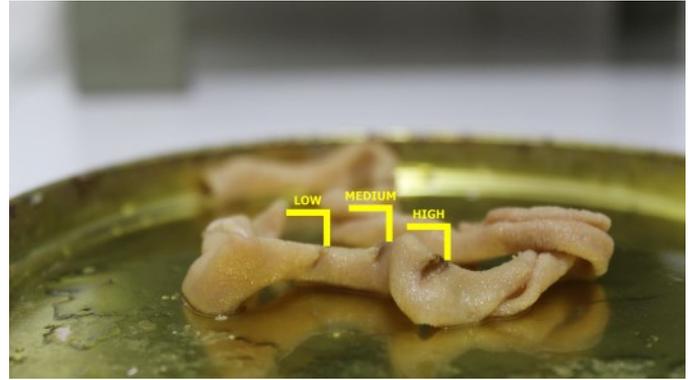
Gambar 10. Electrosurgery Unit Bipolar (Cutting)

Gambar modul tampak luar pada posisi *standby* dapat dilihat terdapat *probe* berbentuk *forceps* yang digunakan sebagai pisau pembedahan dan *footswitch* sebagai saklar.

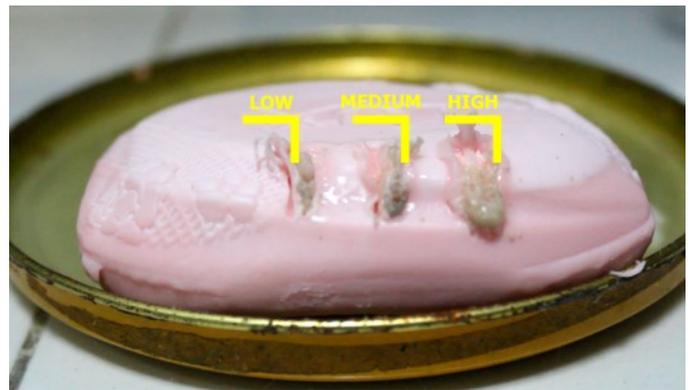


Gambar 11. Hasil Rangkaian Electrosurgery Unit Bipolar (Cutting)

Gambar rangkaian keseluruhan modul dapat dilihat terdapat modul arduino, rangkaian pembangkit frekuensi dan pengatur pulsa, rangkaian pengatur daya, rangkaian driver, dan rangkaian inverter.



Gambar 12. Hasil Cutting pada Sampel Usus



Gambar 13. Hasil Cutting pada Sampel Sabun

Pada gambar 12 dan 13 adalah hasil dari proses cutting pada media usus dan sabun dengan setting daya yang berbeda.

1) Desain Modul

Gambar modul tampak luar pada posisi *standby* dapat dilihat pada gambar 10. Terdapat *probe* berbentuk *forceps* yang digunakan sebagai pisau pembedahan dan *footswitch* sebagai saklar. Gambar rangkaian keseluruhan modul dapat dilihat pada gambar 11. Terdapat modul arduino, rangkaian pembangkit frekuensi dan pengatur pulsa, rangkaian pengatur daya, rangkaian driver, dan rangkaian inverter. Pada gambar 12 dan 13 adalah hasil dari proses *cutting* pada media usus dan sabun dengan setting daya yang berbeda.

2) Hasil Pengukuran pada Rangkaian Pembangkit Frekuensi

TABLE I. HASIL PENGUKURAN PEMBANGKIT FREKUENSI 350 KHZ

| Pengukuran | Frekuensi | |
|------------|---------------|-------------|
| | Setting (KHz) | Modul (KHz) |
| 1 | 350 | 350,126 |
| 2 | 350 | 350,776 |

| | |
|-----------|---------|
| Rata-rata | 350,451 |
| STDEV | 0,46 |
| UA | 0,33 |
| Error (%) | ± 0,13% |



Gambar 14. Output Pembangkit Frekuensi 350 KHz

Pada Tabel 1. menunjukkan nilai output pembangkit frekuensi rata-rata 350,451 KHz dengan 2 kali pengukuran, terdapat nilai error sebesar ± 0,13%, standar deviasi 0,46 dan UA 0,33. Nilai error tersebut bisa disebabkan oleh pengisian dan pengosongan kapasitor yang tidak stabil serta frekuensi yang di baca *osiloscope* terlalu tinggi sehingga setiap detiknya terdapat perubahan pembacaan. Pada gambar 14. menunjukkan bentuk sinyal output dari rangkaian pembangkit frekuensi yang di ukur menggunakan *osiloscope*.

3) Hasil Pengukuran pada Rangkaian Pengatur Daya

TABLE II. HASIL PENGUKURAN OUTPUT PENGATUR DAYA

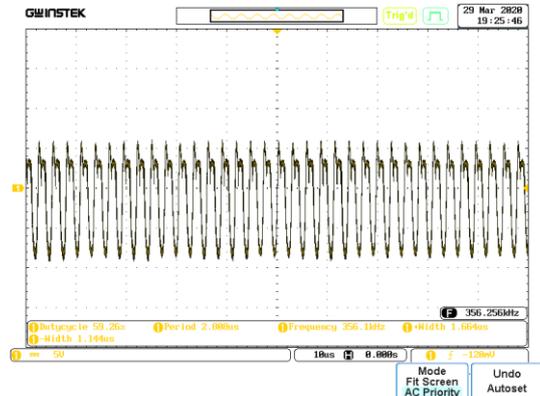
| Setting | Alat | Rata - rata (V) | SD | UA | Error |
|---------|---------|-----------------|----|----|--------|
| Low | Setting | 1,6 | 0 | 0 | ± 6,2% |
| | Modul | 1,7 | 0 | 0 | |
| Medium | Setting | 3 | 0 | 0 | ± 0% |
| | Modul | 3 | 0 | 0 | |
| High | Setting | 7,5 | 0 | 0 | ± 1,3% |
| | Modul | 7,4 | 0 | 0 | |

Pada Tabel II. menunjukkan hasil rata – rata tegangan yang dihasilkan oleh rangkaian pengatur daya. Pada setiap setting pemilihan daya dilakukan pengukuran sebanyak 2 kali menggunakan multimeter untuk mendapatkan nilai rata- rata. didapatkan hasil error terendah 0% dan tertinggi 6,2%.

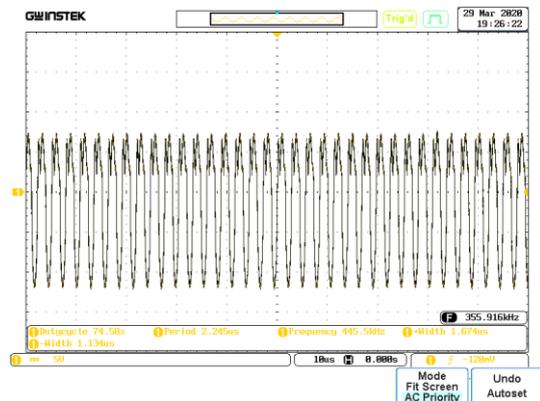
4) Hasil Pengukuran pada Rangkaian Driver

TABLE III. HASIL PENGUKURAN OUTPUT DRIVER

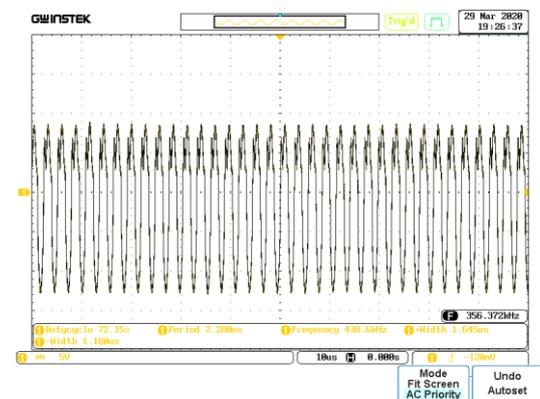
| Daya | Alat | Rata - rata (Vpp) | SD | UA | Error |
|--------|---------|-------------------|----|----|-------|
| Low | Setting | 14 | 0 | 0 | ± 0 % |
| | Modul | 14 | 0 | 0 | |
| Medium | Setting | 19,5 | 0 | 0 | ± 0 % |
| | Modul | 19,5 | 0 | 0 | |
| High | Setting | 22,5 | 0 | 0 | ± 0 % |
| | Modul | 22,5 | 0 | 0 | |



Gambar 15. Output Sinyal Driver Low Cutting 100% On



Gambar 16. Output Sinyal Driver Medium Cutting 100% On



Gambar 17. Output Sinyal Driver High Cutting 100% On

Pada Tabel III. menunjukkan hasil rata – rata amplitudo yang dihasilkan oleh rangkaian driver. Pada setiap setting dilakukan pengukuran 2 kali pada *output* driver menggunakan *osiloscope* untuk mendapatkan gambar dan amplitudo dari setiap setting. Didapatkan hasil error terendah 0% dan tertinggi 0%. Pada Gambar 15,16, dan 17 menunjukkan bentuk sinyal *output* dan amplitudo yang didapatkan pada rangkaian driver dengan setting *low*, *medium*, dan *high* yang diukur menggunakan *osiloscope*.

IV. DISKUSI

Pada penelitian Electrosurgery Unit Bipolar (Cutting) dengan frekuensi 350 KHz dan pemilihan daya telah dilakukan pengukuran output pada rangkaian pengatur daya, rangkaian pengatur pulsa, dan rangkaian driver, serta telah di uji cobakan pada objek sabun dan usus menggunakan media forceps. Pada modul ini frekuensi telah ditingkatkan dari penelitian sebelumnya menjadi 350 KHz, serta membuat mode cutting pada modul dengan mengatur duty cycle sebesar 100% on pada rangkaian pengatur pulsa. Output yang didapatkan pada rangkaian driver yang diukur menggunakan osiloscope menunjukkan perbedaan pada setiap setting daya yang dipilih, pada setting low didapatkan nilai rata – rata 14 Vpp, kemudian pada setting medium didapatkan nilai rata - rata 19,5 Vpp, dan pada setting high didapatkan nilai rata – rata 22,5 Vpp. Modul ini dapat menampilkan daya yang di setting pada LCD karakter serta dapat dikontrol menggunakan *footswitch* untuk melakukan proses pembedahan.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil diskusi dan tujuan pembuatan modul dapat disimpulkan bahwa rangkaian pembangkit frekuensi dapat mengelurakan frekuensi yang direncanakan oleh peneliti sebesar 350 KHz dan rangkaian pengatur pulsa dapat mengatur *duty cycle* sebesar 100% on. Rangkaian pengatur daya dapat mengatur daya pada setiap perbedaan setting yang ditampilkan pada LCD karakter kemudian hasil perbedaan daya ditunjukkan dari hasil pengukuran menggunakan *osiloscope* dan didapatkan perbedaan output yang dihasilkan oleh rangkaian driver pada setiap setting. Serta modul dapat berkerja sebagaimana fungsinya yaitu melakukan proses pemotongan (*cutting*) pada objek usus atau sabun dengan media *forceps* dan dikontrol oleh *footswitch*. Pengembangan penelitian ini dapat dilakukan pada: Ditambahkannya pengaturan daya yang lebih banyak, dapat dibuat dengan mode macro dan micro, dapat dilengkapi dengan smoke evacuator untuk menghilangkan asap pada saat proses pembedahan. Karena asap hasil proses pembedahan berbahaya jika terhirup manusia, frekuensi input lebih ditinggikan di atas 350 KHz, agar proses dan hasil pemotongan lebih maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. D. Hariyanto, M. Mahardika, and W. Kurniawan, "Design and Functionality of Monopolar Active Electrode for Medical Electrosurgery Purposes," vol. 1, no. 1, pp. 7–14, 2019.
- [2] R. Ricks, S. Hopcroft, M. Powari, A. Carswell, and P. Robinson, "Tissue Penetration of Bipolar Electrosurgery at Different Power Settings," vol. 22, no. 1, pp. 1–6, 2017, doi: 10.9734/BJMMR/2017/33773.
- [3] A. Review, "The Dangers of Electrosurgical Smoke to Operating Room Personnel," vol. 65, no. 11, pp. 517–526, 2017, doi: 10.1177/2165079917691063.
- [4] A. I. Alzaidi, A. Yahya, T. T. Swee, and N. Idris, "Invasive and Non Invasive Sensor for Thermal Control of Bipolar Electrosurgical Device," no. 2, pp. 13–17, 2019.
- [5] A. I. Alzaidi, A. Yahya, T. T. Swee, and N. Idris, "Development of high frequency generator for bipolar electrosurgical unit," *Int. J. Eng. Technol.*, vol. 7, no. 2, pp. 20–23, 2018, doi: 10.14419/ijet.v7i2.29.13118.
- [6] A. I. Abdullah, M. Rava, T. T. Swee, and N. Idris, "An Experiment on Thermal Damage Prevention via Power Control in Bipolar Electrosurgical Unit," no. 5, pp. 1325–1332, 2019.
- [7] J. F. Dums, B. Schneider, and A. A. Badin, "Low cost system to measure active power in electrosurgical units," *Res. Biomed. Eng.*, vol. 33, no. 4, pp. 313–323, 2017, doi: 10.1590/2446-4740.03217.
- [8] A. K. Ward, C. M. Ladtkow, and G. J. Collins, "Material removal mechanisms in monopolar electrosurgery," in *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology - Proceedings*, 2007, doi: 10.1109/IEMBS.2007.4352507.
- [9] T. Firmansyah *et al.*, "Rancang Bangun Low Power Elektrik Surgery (Pisau Bedah Listrik) pada (PISAU BEDAH LISTRIK) PADA FREKUENSI 10 KHz," no. November, 2017, doi: 10.20449/jnte.v5i1.213.
- [10] K. D. F. P. W *et al.*, "Perancangan Transformator Frekuensi Tinggi untuk," pp. 7–12, 2013.
- [11] P. Samatha Yalamanchili, P. Davanapelly, and H. Surapaneni, "Electrosurgical applications in Dentistry," *Sch. J. Appl. Med. Sci. Sch. J. App. Med. Sci.*, vol. 1, no. 5, pp. 530–534, 2013, [Online]. Available: www.saspublisher.com.
- [12] A. Adrian and H. Antoni, "Electro Surgical Unit Sebagai Alat Bantu Bedah," vol. 14, p. 2331.
- [13] F. Purba, "ANALISIS KALIBRASI ELECTROSURGICALDI RSU Dr ANALYSIS

- CALIBRATION ELECTROSURGICAL AT RSU Dr . H . KUMPULAN PANE TEBING TINGGI.”
- [14] D. Mitaart, M. Hatibie, and D. Noersasongko, “Perbandingan Penyembuhan Luka Insisi Menggunakan Pisau Bedah dan Pisau Elektrokauter Dinilai dengan Vancouver scar score pada Operasi Luka Bersih,” *J. Biomedik*, vol. 9, no. 3, pp. 191–197, 2017, doi: 10.35790/jbm.9.3.2017.17342.
- [15] D. Wicaksana, B. Abadi, I & Sawitri, “Analisa keandalan,” *Anal. Keandalan, Saf. dan Ketidakpastian Electrosurgical Unit di Rumah Sakit DR. Mohammad Soewandhie Surabaya.*, pp. 1–9, 2010.
- [16] J. Sunardi *et al.*, “RANCANG BANGUN PISAU BEDAH LISTRIK DENGAN FREKUENSI 450 KHZ (ESU),” no. November, pp. 600–604, 2011.
- [17] T. Winarno and T. S. Padma, “ANALISIS SINYAL TEGANGAN KELUARAN ELECTRO SURGICAL UNIT (ESU) PADA ALAT BEDAH MEDIS,” vol. 7, pp. 0–6, 2015.
- [18] H. F. Nugraha, Adi Surya Dkk, “Seminar Tugas Akhir Desember 2018 Seminar Tugas Akhir Desember 2018 Menambah pengetahuan di bidang elektromedik khususnya pada peralatan bedah dengan membuat alat HF High Frequency Desiccator Aaron 940 TM atau biasa disebut Electro Surgery Unit (ESU) ber,” pp. 1–11, 2018.
- [19] Ridho Armi Nabawi, Dhany Alvianto Wibaksono, Tri Bowo Indrato, and Triana Rahmawati, “Electrosurgery Unit Monopolar (Cutting and Coagulation),” *J. Electron. Electromed. Eng. Med. Informatics*, vol. 1, no. 1, pp. 33–38, 2019, doi: 10.35882/jeeemi.v1i1.7.
- [20] M. A. B. Faroby, H. G. Ariswati, T. Hamzah, and S. Luthfiah, “Rancang Bangun Electrosurgery Unit (Pure Cut) Mode Bipolar,” *J. Teknokes*, vol. 12, no. 2, pp. 36–40, 2019, doi: 10.35882/teknokes.v12i2.6.