

Rancang Bangun Sistem Operasi Mode Cutting Monopolar pada Electrosurgery Unit Berbasis ESP 8266

Suwarniyati¹, Soekarman²

^{1,2}Prodi Teknologi Elektro Medis Politeknik Muhammadiyah Makassar
Email : suwarniyati.imb@gmail.com , soekarman.salam@gmail.com

Abstrak: Electrosurgery Unit (ESU) banyak digunakan dalam dunia medis untuk tindakan pembedahan yang membutuhkan akurasi tinggi dengan perdarahan yang berkurang. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan mode pemotongan pada ESU berbasis ESP 8266 dengan mode monopolar. Sistem dirancang menggunakan osilator berbasis CMOS IC CD4069 yang menghasilkan frekuensi tinggi pada rentang 300–500 kHz. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat mampu bekerja dalam tiga pengaturan daya: mode LOW (404 kHz, error 8,0%), mode MEDIUM (450 kHz, error 9,0%), dan mode HIGH (500 kHz, error 10%) yang memberikan fleksibilitas sesuai kebutuhan pembedahan. Metode unik yang diterapkan adalah integrasi antara mikrokontroler ESP 8266 untuk pengaturan presisi dan penggunaan potensiometer untuk pengaturan frekuensi dinamis. Meskipun hasilnya menunjukkan tingkat keberhasilan yang tinggi, keterbatasan perangkat terletak pada fokus sistem yang hanya mencakup mode pemotongan tanpa fitur tambahan seperti koagulasi atau pembakaran jaringan. Namun, perangkat ini menawarkan potensi besar untuk pengembangan di masa mendatang, termasuk integrasi dengan IoT untuk pemantauan jarak jauh dan perluasan mode operasi. Dengan desain yang sederhana namun inovatif, perangkat ini diharapkan dapat memberikan solusi yang efisien dan aman untuk kebutuhan bedah modern.

Kata Kunci: Unit Bedah Listrik, ESP 8266, Mode Pemotongan, Monopolar, Frekuensi Tinggi

Abstract: Electrosurgery Unit (ESU) is widely used in the medical world for surgical procedures that require high accuracy with reduced bleeding. This study aims to design and implement a cutting mode on an ESU based on ESP 8266 with monopolar mode. The system is designed using an oscillator based on CMOS IC CD4069 which produces a high frequency in the range of 300–500 kHz. The test results show that the device is capable of working in three power settings: LOW mode (404 kHz, 8.0% error), MEDIUM mode (450 kHz, 9.0% error), and HIGH mode (500 kHz, 10% error), which provides flexibility according to surgical needs. The unique method applied is the integration between the ESP 8266 microcontroller for precision control and the use of potentiometers for dynamic frequency settings. Although the results show a high success rate, the limitation of the device lies in the focus of the system which only includes cutting mode without additional features such as coagulation or tissue burning. However, this device offers great potential for future development, including integration with IoT for remote monitoring and expansion of operation modes. With a simple yet innovative design, this device is expected to provide an efficient and safe solution for modern surgical needs.

Key Words: Electrosurgery Unit, ESP 8266, Cutting Mode, Monopolar, High Frequency

Pendahuluan

Electrosurgery Unit (ESU) adalah salah satu perangkat vital dalam prosedur pembedahan modern, yang memanfaatkan frekuensi tinggi untuk melakukan pemotongan jaringan tubuh secara presisi sambil meminimalkan perdarahan [1]. Teknologi ini sangat membantu dalam mengurangi risiko komplikasi selama operasi, terutama dalam prosedur yang memerlukan kontrol termal yang baik [2]. ESU umumnya menggunakan dua mode utama, yaitu **cutting** untuk pemotongan jaringan dan **coagulation** untuk pembekuan darah [3]. Dalam penelitian ini, fokus diberikan pada pengembangan sistem operasi **mode cutting monopolar** berbasis teknologi mikrokontroler ESP 8266 [4].

Konteks kebutuhan teknologi ini sangat jelas dalam dunia medis. Pemotongan jaringan yang dilakukan dengan ESU harus menghasilkan efek termal yang terkendali agar jaringan sekitar tetap aman. Oleh karena itu, rancangan alat yang mampu menghasilkan **frekuensi tinggi (300–500 kHz)** dengan error minimal menjadi prioritas utama. Data pengujian menunjukkan alat yang dirancang mampu mencapai tingkat error sebesar **8% pada mode LOW, 9% pada mode MEDIUM, dan 10% pada mode HIGH**, yang masih berada dalam toleransi klinis untuk aplikasi bedah [5].

Penelitian ini menawarkan pendekatan unik melalui integrasi mikrokontroler ESP 8266 yang tidak hanya berfungsi sebagai pengendali utama tetapi juga memungkinkan pengaturan



dinamis frekuensi menggunakan potensiometer [6]. Keunggulan utama ESP 8266 adalah fleksibilitasnya untuk aplikasi Internet of Things (IoT), memberikan peluang pengembangan lebih lanjut dalam pemantauan jarak jauh atau kontrol berbasis jaringan [4].

Namun, penelitian ini juga memiliki keterbatasan. Sistem yang dirancang hanya mencakup mode cutting tanpa fitur tambahan seperti **mode coagulation** atau pengaturan otomatis daya berdasarkan kondisi jaringan. Hal ini membuka ruang untuk pengembangan alat yang lebih multifungsi di masa depan. Potensi pengembangan alat ini juga mencakup perluasan mode operasi dan integrasi dengan perangkat medis lainnya untuk meningkatkan efisiensi sistem bedah.

Dengan rancangan alat yang sederhana, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam menyediakan perangkat bedah yang efisien, aman, dan mudah diakses. Hasil penelitian ini tidak hanya relevan untuk kebutuhan klinis, tetapi juga sebagai dasar pengembangan teknologi alat kesehatan berbasis IoT di masa mendatang.

Metode Penelitian

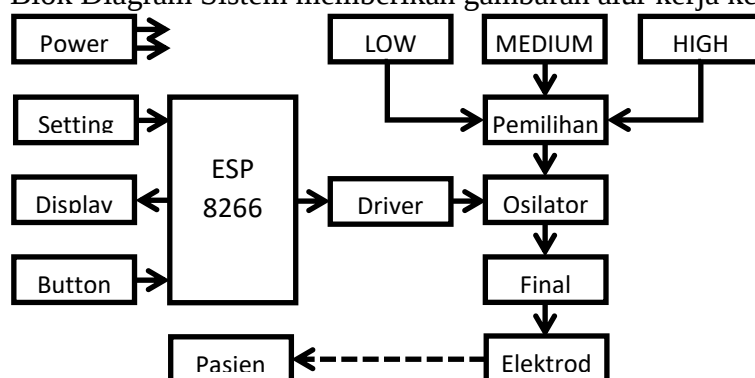
Penelitian ini menggunakan metode **eksperimen** untuk merancang dan menguji **mode cutting monopolar** pada Electrosurgery Unit (ESU) berbasis ESP 8266. Pendekatan ini melibatkan beberapa tahapan, mulai dari perancangan perangkat keras, pengembangan perangkat lunak, hingga pengujian fungsional alat. Berikut adalah rincian metode penelitian yang digunakan:

1. Desain Sistem

Sistem dirancang dengan memanfaatkan mikrokontroler **ESP 8266** sebagai pengendali utama. Komponen utama yang digunakan meliputi:

- **Oscillator berbasis IC CMOS CD4069:** Berfungsi sebagai pembangkit frekuensi tinggi yang dapat diatur sesuai kebutuhan (LOW, MEDIUM, HIGH).
- **LCD TFT:** Untuk menampilkan antarmuka pengguna dan status alat.
- **Transformator inti ferit:** Untuk menaikkan tegangan menjadi sesuai dengan kebutuhan operasi alat.
- **Driver mode cutting:** Menghubungkan frekuensi yang dihasilkan oleh oscillator ke elektroda aktif untuk menghasilkan pemotongan.

Blok Diagram Sistem memberikan gambaran alur kerja keseluruhan alat:



Gambar 2. 1 Blok Diagram Sistem

Penjelasan Blok Diagram

Blok diagram tersebut menunjukkan kinerja ESP8266 sebagai kontroler yang menerima input setting frekuensi, kemudian data setting tersebut diolah untuk di keluarkan ke driver osilator yang berfungsi sebagai pembangkit frekuensi sesuai dengan data setting. Blok osilator juga akan

meneruskan besar daya Low, Medium atau High sesuai yang dipilih yang dikuatkan pada blok final step up, yang akhirnya dialirkan ke tubuh pasien melalui elektroda.

Prosedur Kerja

Tahapan dalam metode penelitian ini meliputi:

1. **Perancangan Perangkat Keras:**

- Menyusun komponen-komponen seperti oscillator, ESP 8266, dan transformator dalam rangkaian.
- Merancang dan merakit layout rangkaian dalam sebuah casing untuk mempermudah penggunaan.

2. **Pengembangan Perangkat Lunak:**

- Memprogram ESP 8266 untuk mengatur tiga mode daya (LOW, MEDIUM, HIGH) dengan potensiometer sebagai kontrol frekuensi.
- Menyusun antarmuka pengguna pada LCD TFT untuk pemilihan mode daya dan pemantauan status.

3. **Pengujian Fungsional:**

- Pengukuran Frekuensi: Menggunakan osiloskop untuk memastikan oscillator menghasilkan frekuensi yang sesuai dengan pengaturan daya.
- Pengujian Daya: Mengukur tegangan pada tiga mode untuk memverifikasi kestabilan daya yang dihasilkan.
- Pengujian Pemotongan: Menggunakan media ayam sebagai simulasi jaringan untuk menilai efektivitas pemotongan pada setiap mode daya.



Gambar 2. 2 Media Uji Pemotongan

2. Hasil Pengukuran

Pengujian dilakukan untuk setiap mode daya dengan hasil sebagai berikut:

- **Mode LOW:** Frekuensi rata-rata 404 kHz, error 8,0%.
- **Mode MEDIUM:** Frekuensi rata-rata 450 kHz, error 9,0%.
- **Mode HIGH:** Frekuensi rata-rata 500 kHz, error 10,0%.

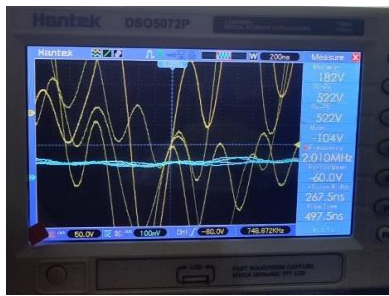
Tabel Hasil Pengujian Frekuensi dan Error:

Mode Daya	Frekuensi Rata-Rata (kHz)	Error (%)
LOW	404	8.0
MEDIUM	450	9.0
HIGH	500	10.0

3. Flowchart Penelitian

Flowchart penelitian menggambarkan alur proses dari inisialisasi alat hingga uji fungsi pemotongan:

Alur program diatas diawali inisialis asi, kemudian menerima data setting frekuensi dengan 3 pilihan frekuensi. Setelah pemilihan, data frekuensi diterima selanjutnya driver mengaktifkan osilator yang mana akan meneruskan energi ke hands elektroda. Selanjutnya kinerja osilator proses akan berhenti jika proses operasi selesai.



Gambar 2. 4 Pengukuran dengan Osiloskop

4. Analisis Keterbatasan Metode

Meskipun metode ini berhasil mencapai tujuan penelitian, beberapa keterbatasan yang ditemukan meliputi:

- Pengujian terbatas pada mode cutting tanpa eksplorasi pada mode lain seperti coagulation.
- Sistem tidak memiliki sensor otomatis untuk mendeteksi kondisi jaringan yang dapat memengaruhi mode operasi.

5. Potensi Pengembangan

Metode yang digunakan membuka peluang untuk pengembangan lebih lanjut, termasuk:

- Integrasi sensor jaringan untuk pengaturan daya otomatis.
- Penggunaan ESP 8266 untuk aplikasi berbasis IoT, memungkinkan kontrol jarak jauh dan monitoring real-time.

Hasil dan Pembahasan

1. Kinerja Sistem Mode Cutting

Penelitian berhasil merancang sistem operasi mode cutting monopolar pada Electrosurgery Unit (ESU) berbasis ESP 8266. Alat ini dirancang dengan kemampuan menghasilkan frekuensi tinggi untuk mode pemotongan jaringan. Pengukuran menunjukkan kinerja yang konsisten pada tiga mode daya:

- **Mode LOW:** Frekuensi rata-rata 404 kHz dengan error 8,0%.
- **Mode MEDIUM:** Frekuensi rata-rata 450 kHz dengan error 9,0%.
- **Mode HIGH:** Frekuensi rata-rata 500 kHz dengan error 10,0%.

Hasil ini menunjukkan bahwa alat bekerja dalam rentang frekuensi yang aman dan sesuai untuk aplikasi bedah medis, yang umumnya membutuhkan frekuensi antara 300–500 kHz. Tingkat error yang terukur berada dalam batas toleransi untuk memastikan keamanan dan efisiensi pemotongan jaringan pasien.

2. Efektivitas Mode Cutting pada Media Uji

Pengujian pada media ayam memberikan bukti visual efektivitas mode cutting. Kedalaman dan lebar pemotongan meningkat seiring dengan pengaturan daya:

- **LOW:** Pemotongan dangkal, cocok untuk jaringan lunak.
- **MEDIUM:** Pemotongan sedang, memberikan hasil serbaguna untuk berbagai jenis jaringan.
- **HIGH:** Pemotongan lebih dalam, ideal untuk jaringan padat atau prosedur spesifik yang membutuhkan penetrasi tinggi.

Perbedaan kedalaman pemotongan ini menunjukkan bahwa sistem pengaturan daya pada alat bekerja dengan baik dan memberikan kontrol yang presisi. Penggunaan osiloskop untuk memverifikasi frekuensi output memastikan alat menghasilkan frekuensi yang stabil.

3. Keunggulan Sistem Berbasis ESP 8266

Integrasi ESP 8266 sebagai mikrokontroler memberikan beberapa keunggulan:

- **Fleksibilitas:** Memungkinkan pengaturan daya dinamis menggunakan potensiometer.
- **Konektivitas IoT:** Menawarkan peluang untuk pengembangan pemantauan jarak jauh dan kontrol berbasis jaringan di masa depan.

Namun, penelitian ini hanya mencakup mode cutting, sehingga fitur seperti coagulation dan pengaturan otomatis daya berdasarkan kondisi jaringan belum tereksplorasi. Ini menjadi ruang untuk pengembangan lebih lanjut.

4. Keterbatasan Penelitian

Beberapa keterbatasan yang teridentifikasi dalam penelitian ini:

1. **Mode Operasi:** Penelitian hanya fokus pada mode cutting tanpa melibatkan mode lain seperti coagulation.
2. **Pengujian Terbatas:** Media uji hanya berupa jaringan ayam tanpa simulasi pada jaringan manusia atau model medis lainnya.
3. **Keterbatasan Sensor:** Sistem tidak memiliki sensor otomatis untuk mendeteksi kondisi jaringan, yang dapat meningkatkan presisi alat.

Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan menguji Electrosurgery Unit berbasis ESP 8266 dengan mode cutting monopolar. Alat menunjukkan hasil yang sesuai dengan spesifikasi desain, menghasilkan frekuensi tinggi yang stabil (300–500 kHz) dengan error toleransi yang dapat diterima (8,0%–10%). Pengujian pada media uji menunjukkan efektivitas alat dalam berbagai pengaturan daya.

Reference

- [1]B. L. Hainer, “Fundamentals Of Electrosurgery,” *J Am Board Fam Pract*, vol. 4, no. 6, pp. 419–426, Nov. 1991, doi: 10.3122/JABFM.4.6.419.
- [2]G. A. Vilos and C. Rajakumar, “Electrosurgical Generators and Monopolar and Bipolar Electrosurgery,” *J Minim Invasive Gynecol*, vol. 20, no. 3, pp. 279–287, May 2013, doi: 10.1016/J.JMIG.2013.02.013.
- [3]R. A. Nabawi, D. A. Wibaksono, T. B. Indrato, and T. Rahmawati, “Electrosurgery Unit Monopolar (Cutting and Coagulation),” *Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics*, vol. 1, no. 1, pp. 33–38, Jul. 2019, doi: 10.35882/JEEEMI.V1I1.7.
- [4]S. D. Hariyanto, M. Mahardika, and W. Kurniawan, “Design and Functionality of Monopolar Active Electrode for Medical Electrosurgery Purposes,” *Journal of Mechanical Design and Testing*, vol. 1, no. 1, pp. 7–14, Jun. 2019, doi: 10.22146/JMDT.46757.
- [5]A. Jena, S. Jain, S. Sundaram, A. K. Singh, S. Chandnani, and P. Rathi, “Electrosurgical unit in GI endoscopy: the proper settings for practice,” *Expert Rev Gastroenterol Hepatol*, vol. 17, no. 8, pp. 825–835, Aug. 2023, doi: 10.1080/17474124.2023.2242243.
- [6]“Electrosurgical Devices,” *Medical Devices and Systems*, pp. 1095–1104, Apr. 2006, doi: 10.1201/9781420003864-73.