

RANCANG BANGUN RF GENERATOR DENGAN FREKUENSI SPESIFIK UNTUK TERAPI KANKER PAYUDARA

Gunawan Wibisono¹, Wangi Putri Mahendra²

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Indonesia

Kampus Baru UI Depok 16424 INDONESIA

Email: ¹gunawan@eng.ui.ac.id, ²wangipm@gmail.com

Abstrak

Radiasi gelombang modulasi amplitude (AM) berdaya rendah pada tubuh manusia dapat menghasilkan efek resonansi pada sel-sel tubuh apabila frekuensi modulasi yang diradiasikan memiliki frekuensi yang sama dengan frekuensi natural sel-sel tubuh. Efek resonansi ini yaitu getaran yang kuat pada sel hingga terjadi pelepasan molekul-molekul yang dapat menurunkan kestabilan sel. Pada tahun 2009 telah terdapat penelitian[2] yang menemukan frekuensi-frekuensi spesifik yang beresonansi dengan sel-sel kanker tertentu. Pada penelitian ini dilakukan rancang bangun sebuah generator RF yang khusus ditujukan untuk menghasilkan frekuensi yang beresonansi dengan sel kanker payudara, mengingat penanganan terhadap kanker payudara menjadi salah satu prioritas di Indonesia. Generator RF dirancang dan disimulasikan menggunakan software Multisim untuk dapat menghasilkan gelombang AM yang memiliki frekuensi modulasi spesifik untuk kanker payudara yaitu 1873,477 Hz, dan menghasilkan daya keluaran 40 mW. Generator RF ini tersusun atas osilator, modulator, dan amplifier yang dirancang dengan menggunakan komponen dengan harga terjangkau namun tetap memiliki kehandalan yang baik

Kata kunci: *amplifier, osilator, modulator, generator RF, terapi kanker*

Pendahuluan

Penelitian terhadap radiasi gelombang radio frekuensi (RF) terhadap tubuh manusia telah dilakukan sejak pertengahan tahun 1970. Sejak saat itu telah diketahui bahwa gelombang RF dapat menghasilkan panas pada tubuh apabila diradiasikan dengan daya tinggi, namun radiasi dengan daya yang rendah tidak memiliki kekuatan yang cukup untuk memberikan efek biologis yang signifikan bagi tubuh [1].

Gelombang RF murni berdaya rendah yang tidak dimodulasi memang tidak memberikan efek biologis pada tubuh, namun lain halnya dengan gelombang yang dimodulasi amplitudonya (AM). Gelombang AM memiliki perbedaan dengan gelombang modulasi lainnya seperti modulasi frekuensi (FM) atau modulasi phase (PM), yang terletak pada amplitudonya yang naik dan turun seiring waktu dengan frekuensi yang rendah. Pada tubuh, terdapat reseptor pada membran sel yang dapat berlaku sebagai rectifier dan mendemodulasi sinyal yang mencapainya, sehingga komponen frekuensi rendah dari sinyal AM dapat muncul.

Sel-sel pada tubuh manusia secara natural bergetar atau beresilasi dengan frekuensi tertentu yang berbeda-beda. Apabila frekuensi rendah yang terdemodulasi dari sinyal AM memiliki frekuensi yang sama dengan frekuensi getar natural sel tubuh, maka dapat terjadi resonansi atau getaran dengan amplitudo maksimum hingga skala molekular. Getaran yang terjadi karena resonansi ini mengakibatkan turunnya kestabilan membran sel, yang pada akhirnya akan menjadi lemah dan mengalami kebocoran. Berdasarkan hal tersebut, dapat diketahui bahwa radiasi gelombang AM, walaupun memiliki daya yang rendah, dapat memberikan reaksi biologis yang bersifat destruktif pada tubuh apabila frekuensi modulasinya sesuai dengan frekuensi natural sel pada tubuh. Hal ini dapat dimanfaatkan dalam penanganan terhadap penyakit kanker apabila diketahui frekuensi yang beresonansi dengan sel kanker.

Penelitian terhadap penanganan kanker dengan gelombang RF berdaya rendah sebelumnya telah dilakukan oleh beberapa peneliti [2][3] dari universitas di Amerika, Brazil, Swiss, dan Jerman. Pada tahun 2009 telah ditemukan frekuensi-frekuensi spesifik yang memberikan reaksi pada sel-sel kanker. Frekuensi-frekuensi ini apabila dikenakan pada sel-sel kanker dapat menghambat pertumbuhan bahkan mengurangi jumlah sel kanker tersebut pada tubuh. Dari hal ini dapat diketahui bahwa frekuensi-frekuensi spesifik tersebut beresonansi dengan sel-sel kanker sehingga terjadi pelemahan pada membran sel yang kemudian merusak sel.

Mengingat tingginya jumlah penderita kanker payudara di Indonesia yaitu mencapai 28,7% dari total penderita kanker[4], maka penanganan terhadap kanker payudara menjadi prioritas. Sel kanker payudara memiliki

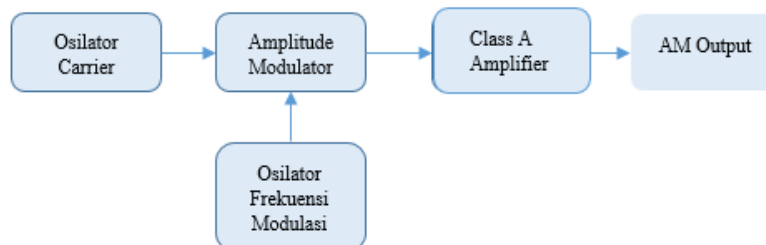
karakteristik yaitu tidak dapat dirasakan secara fisik dan sulit dilihat atau diketahui letaknya walaupun menggunakan x-ray ataupun teknologi pencitraan lainnya[5]. Pada saat ini telah terdapat berbagai macam treatment yang dapat dilakukan untuk menangani kanker payudara[6], namun apabila dilihat dari karakteristik sel kanker payudara tersebut, maka prinsip resonansi dengan gelombang AM dapat menjadi solusi yang tepat untuk penanganan terhadap kanker payudara karena tidak perlu diketahui letak sel kanker secara persis untuk menyerang sel kanker ini. Gelombang AM ini hanya akan beresonansi dengan sel-sel kanker dan tidak memberikan efek pada sel-sel lain di sekitarnya.

Pada penelitian ini dirancang sebuah RF generator yang menghasilkan gelombang yang dapat beresonansi dengan sel kanker payudara untuk melemahkan sel kanker tersebut. Frekuensi spesifik yang beresonansi dengan kanker payudara adalah 1873.477 Hz[2], sehingga generator akan dirancang untuk menghasilkan gelombang AM yang dimodulasikan dengan frekuensi 1873,477 Hz. Generator ini akan dibuat untuk menghasilkan daya yang cukup rendah yaitu 40 mW agar frekuensi tinggi dari carrier tidak akan memberikan efek lain bagi tubuh seperti panas. Generator juga disusun dengan menggunakan komponen-komponen low end yang mudah didapatkan, namun tetap dapat menjalankan fungsinya dengan baik

Perancangan RF Generator

Prinsip RF generator yang dirancang adalah menghasilkan keluaran berupa gelombang modulasi amplitudo (AM) dengan frekuensi carrier 27,12 MHz dan frekuensi modulasi 1873,477 Hz. Saat diaplikasikan pada terapi, gelombang keluaran yang dihasilkan generator ini akan dihubungkan dengan antena, kemudian dapat diradiasikan pada permukaan tubuh di sekitar payudara ataupun melalui mulut dengan daya yang cukup untuk dapat diserap tubuh, namun tidak terlalu tinggi atau tidak boleh melebihi batas SAR agar tidak menghasilkan efek panas. Frekuensi modulasi yang digunakan merupakan frekuensi spesifik yang beresonansi dengan sel kanker payudara, sedangkan frekuensi carrier merupakan frekuensi ISM yang dapat bebas digunakan tanpa membutuhkan lisensi.

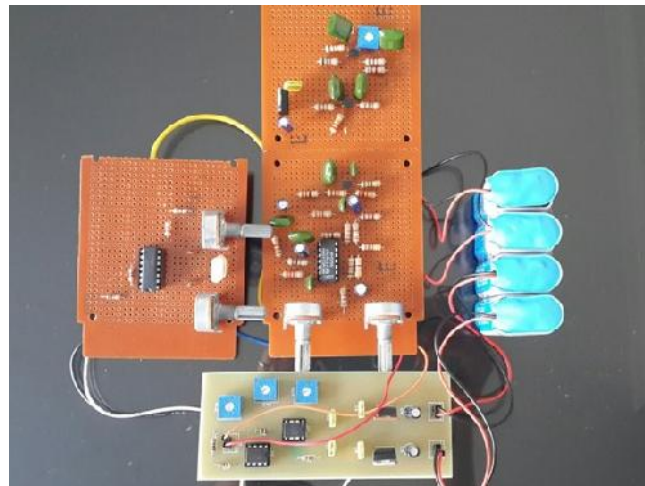
Daya radiasi yang dihasilkan suatu transmitter untuk diserap tubuh manusia memiliki kaitan erat dengan karakteristik antena yang digunakan, namun pembahasan pada penelitian ini dibatasi pada perancangan generator hingga tahap amplifier dan tidak membahas perancangan antena, sehingga diasumsikan bahwa gelombang AM akan diradiasikan menggunakan antena monopole catheter dengan panjang 4,6 cm dan diameter 1,2 mm yang dihubungkan pada kabel koaksial 50 ohm[7]. Batas daya generator maksimum yang dibutuhkan antena ini untuk menghasilkan daya radiasi yang tidak melebihi batas SAR maksimum 8W/kg adalah 40-70 mW[7]. Maka target daya keluaran generator yang dirancang adalah maksimum 40 mW. Gambar 1. menunjukkan blok diagram generator RF yang akan dibangun. Generator RF terdiri dari 4 bagian, yaitu osilator frekuensi modulasi, osilator carrier, amplitud modulator, dan amplifier.



Gambar 1. Blok diagram generator RF

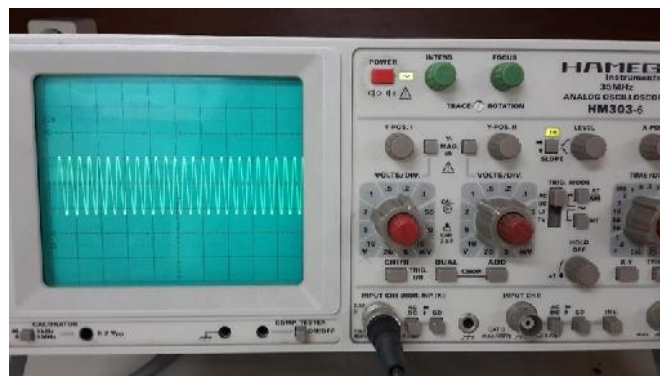
Pengujian

Rangkaian RF generator yang telah difabrikasi dapat dilihat pada Gambar 2. Rangkaian ini menggunakan catu daya yang berasal dari 4 buah baterai 9V. Keluaran dari setiap rangkaian mulai dari osilator sampai amplifier diuji satu persatu. Pengujian dilakukan dengan memasang beban sebesar 50Ω pada output generator untuk mengukur daya.



Gambar 2. Rangkaian generator RF.

Hasil keluaran osilator carrier terdapat pada Gambar 3. Rangkaian osilator dapat menghasilkan output dengan baik berupa gelombang sinusoidal dengan frekuensi 27,124 MHz dan tegangan 148,5 mV rms. Besar tegangan yang dihasilkan berbeda dengan tegangan hasil perhitungan yaitu 161 mV rms, dengan error sebesar 7,48%.



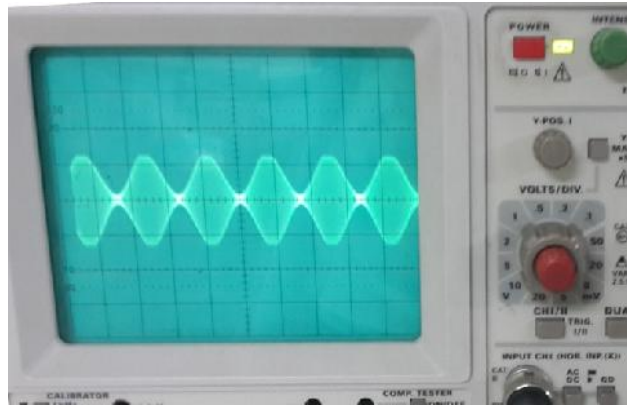
Gambar 3. Keluaran osilator carrier

Hasil keluaran osilator modulasi terdapat pada Gambar 4. Frekuensi yang terbaca pada osiloskop yaitu 1872,1 Hz telah mendekati target frekuensi osilator yaitu 1873,477 Hz, dengan error sebesar 0,07%. Tegangan yang dihasilkan rangkaian ini adalah 91,57 mV dengan error 5,84% terhadap hasil perhitungan.

Keluaran dari modulator dapat dilihat pada Gambar 5. Gelombang AM yang dihasilkan memiliki tegangan peak to peak sebesar 220 mV, dengan error sebesar 5,58% terhadap hasil simulasi.

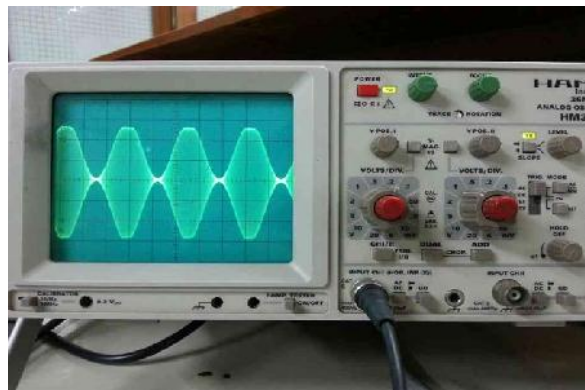


Gambar 4. Gelombang keluaran osilator modulasi



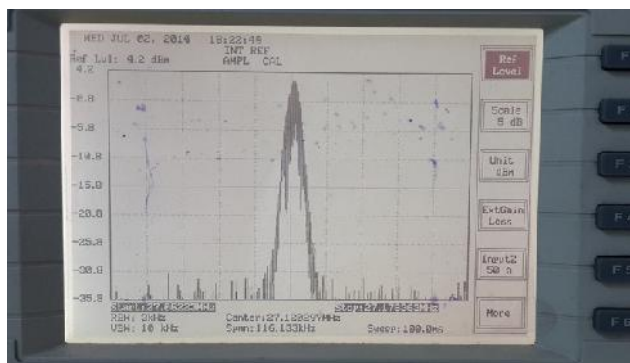
Gambar 5. Gelombang keluaran modulator

Gambar 6. menunjukkan gelombang keluaran amplifier tahap pertama pada osiloskop dan Gambar 7 menunjukkan gelombang keluaran pada spectrum analyzer. Amplifier tahap pertama memiliki linearitas yang baik dan menghasilkan indeks modulasi yang baik. Dapat dilihat bahwa dihasilkan gain sebesar 4 dBm atau 2,5 mW.



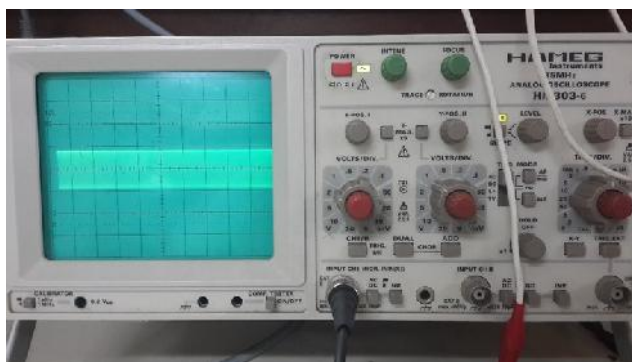
Gambar 6. Gelombang keluaran amplifier tahap pertama

Gelombang output RF generator dapat dilihat pada Gambar 8. Gelombang yang dihasilkan terlihat seperti gelombang sinusoidal biasa karena memiliki indeks modulasi yang rendah. Pada gambar tidak terlihat envelope gelombang AM secara jelas namun jika dilihat secara langsung pada osiloskop, dapat dilihat terdapat envelope, namun dengan indeks yang buruk.

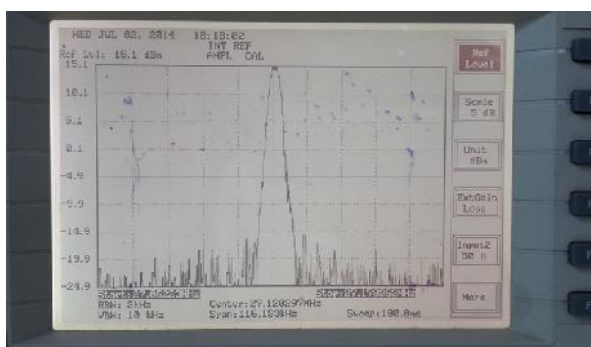


Gambar 7. Spektrum frekuensi keluaran amplifier tahap pertama

Tegangan yang terbaca pada osiloskop adalah $1,8 \times 2 = 3,6$ V peak to peak, dengan tegangan peak carrier sebesar 1,8 V. Daya dihitung dengan menggunakan persamaan (1) dan didapatkan nilai sebesar 32,4 mW. Pada Gambar 9. juga dapat dilihat spectrum frekuensi keluaran amplifier dengan gain 15,1 dBm atau sekitar 32,2 mW.



Gambar 8. Gelombang output generator RF.



Gambar 9. Spektrum frekuensi keluaran generator RF.

Jika dibandingkan dengan hasil simulasi, daya yang dihasilkan rangkaian ini memiliki penurunan yang cukup besar sebesar 28%. Hal ini diakibatkan tidak terukurnya indeks modulasi sehingga komponen daya gelombang AM yang terukur hanya daya carrier. Tabel 1 menunjukkan perbandingan antara hasil simulasi dan pengujian rangkaian generator RF.

Tabel 1. Perbandingan Hasil Simulasi dan Fabrikasi Generator RF

Perbandingan Hasil Simulasi dan Fabrikasi Generator RF			
	Simulasi	Fabrikasi	% Error
V_{out} Osilator Carrier	161 mV	148,5 mV	7,76
V_{out} Osilator Modulasi	86,51 mV	91,57 mV	5,84
V_{out} Modulator	233 mV	220 mV	5,58
f Modulasi	1873,477 Hz	1886,792 Hz	0,71
f Carrier	27,12 MHz	27 MHz	0,44
V_{pc}	1,75 V	1,8 V	2,8
m	0,97		
P_{out}	45 mW	32,4 mW	28

Kehandalan generator RF ini dapat ditentukan dengan evaluasi pada frekuensi keluaran dan keakuratan daya keluaran. Untuk digunakan pada terapi kanker payudara, frekuensi gelombang modulasi harus memiliki akurasi yang tinggi. Dari hasil pengujian, frekuensi modulasi terbaik yang terbaca pada osiloskop adalah 1886,792 Hz sedangkan yang diinginkan adalah 1873,477 Hz. Dapat diketahui bahwa osiloskop yang digunakan pada pengujian memiliki ketelitian yang kurang tinggi sehingga tidak dapat membaca frekuensi hingga tingkat ketelitian 10^{-3} . Osilator modulasi yang dirancang memiliki kekurangan yaitu harus di-tuning secara manual sehingga sangat sulit mendapatkan frekuensi yang akurat. Namun osilator telah dapat didesain dengan menggunakan rangkaian yang terdiri dari sedikit komponen dan menggunakan komponen yang mudah didapatkan di pasaran dengan harga terjangkau. Sehingga eror pada frekuensi sebesar 0,7% dapat dikatakan telah cukup baik.

Daya keluaran dari generator RF ini adalah 32,4 mW sedangkan daya yang diinginkan adalah 40 mW. Namun mengingat bahwa 40 mW merupakan daya yang menghasilkan SAR maksimum dan prinsip gelombang

yang dihasilkan adalah diradiasikan dengan daya rendah, maka daya 32,4 mW ini dapat dikatakan cukup baik karena tidak mencapai batas SAR maksimum.

Dari pengujian tersebut dapat dikatakan bahwa generator memiliki kehandalan yang cukup baik, karena:

1. Rangkaian dapat berjalan sesuai dengan harapan dan dapat disusun menggunakan komponen dengan harga terjangkau.
2. Frekuensi modulasi yang dihasilkan mendekati spesifikasi yang diinginkan untuk terapi kanker payudara dengan eror kurang dari 1%.
3. Daya yang dihasilkan telah memenuhi target daya yang diinginkan.
4. Namun generator masih memiliki beberapa kekurangan, seperti:
5. Keempat rangkaian penyusun generator belum terintegrasi pada satu PCB sehingga masih perlu dihubungkan dengan menggunakan kabel.
6. Pengaturan frekuensi pada osilator modulasi perlu dilakukan secara manual dengan tuning potensiometer sambil memantau keluaran pada osiloskop.
7. Amplifier tahap kedua linearitasnya rendah sehingga gelombang keluaran memiliki indeks modulasi yang kurang baik.

Kesimpulan

Telah dirancang dan dibangun sebuah RF generator untuk terapi kanker payudara yang terdiri dari osilator carrier, osilator modulasi, modulator, dan amplifier yang telah memenuhi spesifikasi yang diinginkan. Osilator carrier yang dirancang menghasilkan frekuensi sebesar 27,12 MHz dan tegangan output rms kurang dari 300 mV yaitu sebesar 296,98 mV. Osilator modulasi menghasilkan frekuensi spesifik untuk kanker payudara sebesar 1872,1 Hz dengan eror sebesar 0,07% dari frekuensi yang diinginkan, dan menghasilkan tegangan rms dibawah 300 mV yaitu 183,14 mV. Output rangkaian modulator telah dapat dikuatkan oleh rangkaian amplifier dan menghasilkan daya sebesar 32,4 mW dengan frekuensi carrier 27 MHz dan frekuensi modulasi 1886,792 Hz.

Pernyataan

Penelitian ini didukung oleh Hibah Riset Strategi Nasional, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan Nasional, tahun 2014.

Daftar Pustaka

- Goldsworthy, Andrew. "Health Effects of Electromagnetic Radiation". Imperial College London. 2009.
- Jacquelyn W. Zimmerman, Hugo Jimenez, Michael J. Pennison, Ivan Brezovich, Desiree Morgan, Albert Mudry, Frederico P. Costa, Alexandre Barbault, Boris Pasche. "Targeted Treatment of Cancer with Radiofrequency Electromagnetic Fields Amplitude Modulated at Tumor-Specific Frequencies". Chinese Journal of Cancer. 2013.
- Kirson ED, Gurvich Z, Schneiderman R, Dekel E, Itzhaki A, Wasserman Y, Schatzberger R, Palti Y. "Disruption of Cancer Cell Replication by Alternating Electric Fields". Cancer Res. 2004.
- "_____". "Di Indonesia, Kasus Kanker Payudara dan Serviks Tertinggi". 5 Februari 2014. <http://www.beritasatu.com/kesehatan/164592-di-indonesia-kasus-kanker-payudara-dan-serviks-tertinggi.html>. Diakses tanggal 9 Mei 2014.
- "_____". "How is Breast Cancer Treated?". 31 Januari 2014. <http://www.cancer.org/cancer/breastcancer/detailedguide/breast-cancer-treating-general-info>
- "_____". "Breast Cancer Treatment (PDQ®)". 23 Mei 2014. <http://www.cancer.gov/cancertopics/pdq/treatment/breast/Patient>
- Yeung, Christopher J. "RF Transfer Limit for the Barewire Loopless Catheter Antenna". Journal of Magnetic Resonance Imaging. 2000.