

STUDI RECTENNA (RECTIFIER ANTENNA) UNTUK MENGUBAH GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK RF MENJADI SUMBER TEGANGAN DC

Nurhady Mustofa dan Jatmiko Endro Suseno

Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

E-mail : nurhady_mustofa@st.fisika.undip.ac.id / nurhady.mustofa@gmail.com

ABSTRACT

RF (Radio Frequency) electromagnetic waves energy source are still very rare utilization besides using the RF signal is very much especially in the areas of technology and telecommunications, resulting in the number of RF electromagnetic energy in the air, if the energy source of the RF electromagnetic wave can be utilized as a DC voltage source will be promising alternative energy sources and environmentally friendly. Simulations conducted to determine the ability of the rectifier circuit, then design a rectifier that can work on GSM frequencies and antennas used Quad Band 850/900/1800/1900 antenna ANT-GXH915. Tests conducted two places, namely the testing performance of rectifier and environmental testing. Results of testing performance of rectifier using the Signal Generator at a frequency range of 50 MHz - 900 MHz rated voltage of 1,56 volts and a current of 35 μ A with an efficiency of 13,95%. The results of environmental testing conducted by two sources that the source of the cellular telephone and the BTS source. Results from the source mobile phone when making calls obtained voltage value of 1,54 Volt and a current of 0,25 mA at a distance of 1 cm. Results from the source BTS to a distance of 37 meters obtained voltage value of 0,405 Volt.

Keywords: rectenna, antenna, rectifier, energy harvesting.

ABSTRAK

Sumber energi gelombang elektromagnetik RF (Radio Frequency) masih sangat jarang pemanfaatannya padahal penggunaan sinyal RF sangat banyak terutama di bidang teknologi dan telekomunikasi, sehingga mengakibatkan banyaknya energi elektromagnetik RF di udara. Apabila sumber energi dari gelombang elektromagnetik RF dapat dimanfaatkan menjadi sumber tegangan DC akan menjadi alternatif sumber energi yang menjanjikan dan ramah lingkungan. Simulasi dilakukan untuk mengetahui kemampuan rangkaian rectifier, kemudian merancang rectifier agar dapat bekerja pada frekuensi GSM dan antenna yang digunakan antenna Quad Band 850/900/1800/1900 ANT-GXH915. Pengujian dilakukan 2 tempat yaitu pengujian performa rectifier dan pengujian lingkungan. Hasil pengujian performa rectifier menggunakan Signal Generator pada range frekuensi 50 MHz – 900 MHz nilai tegangan sebesar 1,56 Volt dan arus sebesar 35 μ A dengan efisiensi 13,95 %. Hasil pengujian lingkungan dilakukan dengan 2 sumber yaitu sumber dari telepon seluler dan sumber BTS. Hasil dari sumber telepon seluler saat melakukan panggilan nilai tegangan didapat sebesar 1,54 Volt dan arus sebesar 0,25 mA pada jarak 1 cm. Hasil dari sumber BTS dengan jarak 37 meter nilai tegangan didapatkan sebesar 0,405 Volt.

Kata kunci: rectenna, antenna, rectifier, energy harvesting.

PENDAHULUAN

Perkembangan sumber energi alternatif di era sekarang sangat berkembang, banyak sekali jenis sumber energi yang ada disekitar kita yang dapat dimanfaatkan menjadi energi terbarukan. Jenis sumber energi yang ada di sekitar kita antara lain angin, matahari, getaran (*vibration*), elektromagnetik, perubahan temperatur, *thermoelectric*, tekanan, akustik, *Radio Frequency* (RF) dan lain-lain [1].

Di antara sumber energi tersebut yang masih jarang pemanfaatannya adalah energi

elektromagnetik yang terdapat dalam gelombang frekuensi radio (*Radio Frequency*) [2]. Seiring dengan kemajuan di bidang teknologi penggunaan gelombang elektromagnetik RF semakin banyak sehingga apabila sumber energi dari gelombang elektromagnetik RF dapat dimanfaatkan menjadi sumber tegangan DC ini akan menjadi alternatif sumber energi terbarukan. Ini merupakan salah satu sumber energi yang menjanjikan sepanjang waktu dan banyak digunakan dalam berbagai teknologi yang tidak

dapat dipisahkan dari kehidupan manusia modern. Beberapa contoh teknologi yang selalu dekat dengan kehidupan manusia modern adalah televisi, radio, satelit, *wireless LAN* dan telepon seluler, semuanya menggunakan energi elektromagnetik RF dalam operasinya. Secara teori, apabila energi yang sangat melimpah ini dapat dimanfaatkan, maka akan didapatkan sumber energi yang ramah lingkungan dan tersedia di mana saja [3].

Pada penelitian ini akan dirancang sebuah *rectenna (rectifier antenna)* dengan rangkaian *rectifier 5 stage* sebagai pengubah gelombang elektromagnetik RF menjadi sumber tegangan DC yang memanfaatkan frekuensi GSM 900 MHz. Dimana sebelumnya telah dilakukan beberapa penelitian mengenai *rectenna* pada 1 *stage*. Tetapi belum meneliti lebih jauh pada rangkaian *rectifier 5 stage*.

DASAR TEORI

Gelombang Elektromagnetik adalah gelombang yang tidak memerlukan medium untuk merambat dan terdiri dari medan listrik dan medan magnetik. Energi elektromagnetik merambat dalam gelombang dengan beberapa karakter yang bisa diukur, yaitu: panjang gelombang, frekuensi, amplitudo, kecepatan. Amplitudo adalah tinggi gelombang, sedangkan panjang gelombang adalah jarak antara dua puncak. Frekuensi adalah jumlah gelombang yang melalui suatu titik dalam satu satuan waktu. Frekuensi tergantung dari kecepatan merambatnya gelombang. Karena kecepatan energi elektromagnetik adalah konstan (kecepatan cahaya), panjang gelombang dan frekuensi berbanding terbalik. Semakin panjang suatu gelombang, semakin rendah frekuensinya, dan semakin pendek suatu gelombang semakin tinggi frekuensinya [4].

Sinyal radio frekuensi atau *Radio Frequency (RF) signal* adalah gelombang radiasi elektromagnetik yang berpropagasi (memancar dengan arah tertentu) di udara (*space*) pada alokasi frekuensi yang berkisar antara 30 Hz sampai 300 GHz. Sinyal RF terutama banyak digunakan dalam teknologi

Komunikasi dan transmisi data. Alokasi penggunaan *range* frekuensi untuk transmisi sinyal RF berbeda-beda untuk tiap aplikasi teknologi komunikasi, misalnya saja untuk transmisi radio digunakan *range* frekuensi 30-300 MHz, untuk transmisi stasiun televisi digunakan *Ultra High Frequency (UHF)* dengan *range* frekuensi 0,3-3 GHz, untuk komunikasi selular GSM (*Global System for Mobile*) digunakan frekuensi 900 MHz dan 1800 MHz, dan frekuensi 2,4 GHz untuk transmisi *wireless LAN (Local Area Network)* [5].

Antena merupakan struktur metal yang didisain untuk meradiasikan dan menerima energi elektromagnetik. Antena sebagai alat pemancar (transmitting antena) adalah sebuah transduser (pengubah) elektromagnetis, yang digunakan untuk mengubah gelombang tertuntun didalam saluran transmisi kabel, menjadi gelombang yang merambat diruang bebas, dan sebagai alat penerima (receiving antena) mengubah gelombang ruang bebas menjadi gelombang tertuntun [6].

Sinyal elektromagnetik GSM frekuensi 900 MHz merupakan sinyal AC (*Alternating Current*) maka sinyal AC yang ditangkap antena perlu disearahkan menjadi sinyal DC (*Direct Current*). Pemilihan rangkaian penyearah (*rectifier*) dalam sistem *RF energy harvesting* ini harus mempertimbangkan fakta bahwa sistem akan bekerja pada level daya yang rendah, sehingga perlu digunakan rangkaian penyearah yang sederhana, bisa digunakan dan efisien saat bekerja pada level daya yang kecil. Ada beberapa pilihan rangkaian sederhana yang bisa digunakan pada sistem ini seperti rangkaian *half wave peak rectifier*, *full wave rectifier* dan *charge pump* [2].

Efisiensi dari sistem *Rectenna* pada dasarnya setara dengan fungsi transfer. Definisi umum dari setiap efisiensi () yang digunakan di sini adalah rasio output daya keluar P_{out} atas daya masukan P_{in} [7].

$$\eta(\%) = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (1)$$

Efisiensi konversi (η) dari seluruh sistem adalah daya DC pada penerima atas daya input yang ditangkap oleh sistem *rectenna* [8].

Dari alat yang dibuat menghasilkan sumber tegangan DC sehingga untuk menghitung nilai P_{out} dengan menggunakan rumus daya didapatkan.

$$P_{out} = V_{out} \cdot I_{out} \quad (2)$$

dengan P_{out} adalah daya keluaran (Watt), V_{out} adalah tegangan keluaran (Volt) dan I_{out} adalah arus keluaran (Ampere) [9].

Satuan yang digunakan pada penggunaan sinyal RF menggunakan satuan dBm. dBm adalah singkatan dari decibel milivolt, merupakan satuan perbandingan level sinyal. Jika nilainya positif maka disebut factor penguatan (gain), jika nilainya negatif disebut redaman (loss). Untuk mengkonversi satuan Watt ke dalam dBm dapat menggunakan rumus.

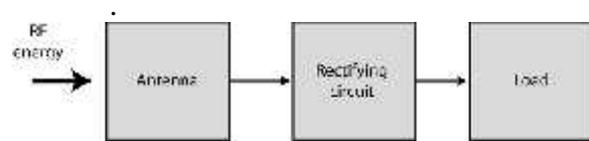
$$P \text{ dBm} = 10 \log \frac{P(\text{Watt})}{1 \text{ mW}} \quad (3)$$

dengan P(dBm) adalah daya dalam satuan dBm, P(watt) adalah daya dalam satuan watt [9].

METODE PENELITIAN

Penelitian sistem *rectenna* (*rectifier antenna*) sebagai pengubah energi elektromagnetik RF pada frekuensi 900 MHz menjadi tegangan DC dilakukan melalui 4 tahap. Tahap pertama yaitu simulasi desain awal sistem *rectenna* (*rectefier antenna*) menggunakan software *Multisim Componen Evaluator 14.0 Mouser Electronic Edition* dari National Instrument. Tahap kedua yaitu perancangan *rectenna* (*rectifier antenna*). Tahap ketiga yaitu tahapan uji coba sistem. Uji coba pertama pengujian performa *rectenna* yakni pengujian *rectenna* menggunakan *signal generator* sebagai masukan. Uji coba kedua pengujian lingkungan yakni pengujian *rectenna* menggunakan pancaran energi elektromagnetik RF dari sumber BTS dan telepon seluler. Tahap keempat yaitu pengolahan dan analisis hasil uji coba. Berikut blok sistem pemanen

energi elektromagnetik ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Sistem pemanen energi elektromagnetik RF

Dari gambar tersebut terdapat 2 perangkat yaitu perangkat antenna dan *rectifier* (penyearah), dimana antenna akan diintegrasikan pada *rectifier*.

Pemilihan Antena

Antena yang digunakan pada penelitian ini merupakan antena yang bekerja pada frekuensi GSM 900 MHz yakni *Portable Antenna Quad Band 850/900/1800/1900 ANT-GXH915* seperti yang ditunjukkan pada gambar 2



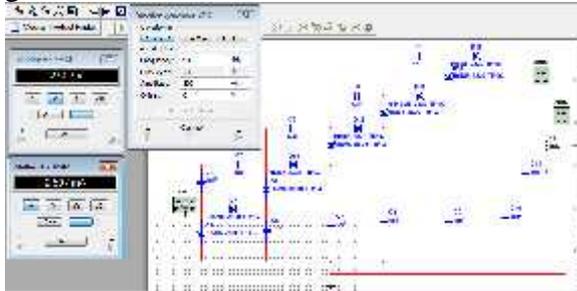
Gambar 2. Portable Antenna Quad Band 850/900/1800/1900 ANT-GXH915 [11].

Pemilihan antena ini karena mudah didapatkan dan memiliki kemampuan yang sesuai dengan kebutuhan dalam penelitian ini.,

Perancangan Rectifier

Sinyal yang digunakan pada penelitian ini adalah sinyal GSM 900 MHz agar dapat menyearahkan sinyal tersebut maka perlu dilakukan perancangan *rectifier* yang mampu menangkap gelombang elektromagnetik pada frekuensi 900 MHz. Dalam perancangan rangkaian *rectifier* ini ada beberapa hal yang harus diperhatikan. Diantaranya adalah nilai komponen yang akan digunakan. Karena frekuensi gelombang yang di gunakan sangat besar maka untuk mendapatkan sinyal DC digunakan rangkaian penyearah yang

disesuaikan dengan karakteristik antenna penerima. Rangkaian *rectifier* ditunjukkan pada gambar 3



Gambar 3. Rangkaian *rectifier* 5 stage

Rangkaian *rectifier* 5 stages menggunakan kapasitor 1 nF dan dioda *schottky* HSMS 2820, dioda ini berupa SMD (*Surface-Mounted Divais*) yang ukurannya sangat kecil (3,06 x 1,24 mm)[10] .

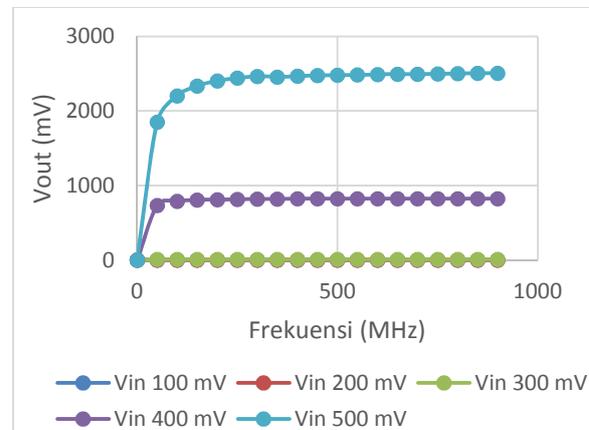
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Simulasi

Rangkaian *voltage multiplier* yang akan dibuat disimulasikan dengan menggunakan perangkat lunak *Multisim Componen Evaluator 14.0 Mouser Electronic Edition* dari National Instrument. Perangkat lunak ini dapat menyimulasikan kerja sistem yang diinginkan dalam kondisi yang bisa diatur.

Simulasi ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan dari rangkaian *voltage multiplier* yang optimal berdasarkan dari jumlah *stage* dan amplitudo yang akan digunakan. Simulasi dilakukan dengan dioda *schottky* HSMS 2820 dan komponen kapasitor *ceramics* 1 nF dan 100 nF. Pada simulasi rangkaian *voltage multiplier* untuk mendapatkan sinyal masukan digunakan *signal generator* dengan frekuensi dan amplitudo yang bervariasi untuk menggantikan antenna *receiver* pada sistem *RF energy harvesting*, kelebihan dari perangkat lunak *Multisim Componen Evaluator 14.0 Mouser Electronic Edition* memiliki model komponen yang sangat lengkap salah satunya yang digunakan dalam penelitian ini dioda *schottky* HSMS 2820 sehingga memudahkan dalam proses simulasi tanpa harus membuat model komponen itu

sendiri. Hasil simulasi ditunjukkan pada gambar 4.



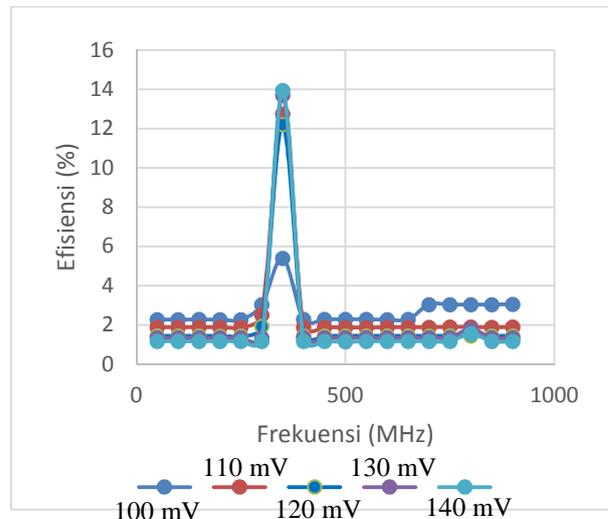
Gambar 4. Grafik hubungan tegangan masukan dan tegangan keluaran pada rangkaian *voltage multiplier* 5 stages dengan Vin 100 mV-500 mV

Simulasi telah dilakukan dengan menggunakan komponen dioda *schottky* HSMS 2820, kapasitor 1nF. Kemudian, sebuah kapasitor 100 nF ditambahkan sebelum keluaran untuk mengurangi *ripple* yang muncul pada tegangan *output*. Jika nilai kapasitor tambahan ini semakin besar, maka tegangan *output* akan lebih stabil namun dengan kompensasi waktu *transient* yang lebih lama. Hasil menunjukkan bahwa rangkaian *voltage multiplier* mampu menghasilkan tegangan DC dari input AC dan nilai output yang jauh lebih besar dibanding nilai tegangan puncak input AC nya. Pengaruh amplitudo dan jumlah *stage* terhadap nilai tegangan dan arus *output* dibuktikan melalui perbandingan hasil simulasi rangkaian *voltage multiplier* 1 *stage*, 2 *stages*, 3 *stages*, 4 *stages* dan 5 *stages*. Hasil simulasi dari grafik perbandingan Vin dan Vout menunjukkan bahwa rangkaian *voltage multiplier* dengan menggunakan dioda *schottky* dapat bekerja secara optimal pada saat amplitudo sebesar 400 mVp dan 500 mVp, hal ini dikarenakan nilai tegangan *threshold* dioda *schottky* HSMS 2820 sebesar 0,34 V. Pada saat amplitudo 100 mVp, 200 mVp dan 300 mVp tegangan yang jatuh pada dioda (V) lebih kecil dibandingkan dengan nilai tegangan *threshold* dioda (V_D). Jika hal ini terjadi, $V_D < V_{th}$, maka

dioda tidak akan bekerja secara optimal dan rangkaian *voltage multiplier* pun tidak akan bisa menyearahkan dan memperbesar tegangan yang ditangkap sehingga nilai tegangan output yang dihasilkan mendekati nol seperti terlihat pada gambar 4. Hasil simulasi rangkaian *voltage multiplier* 5 stages menunjukkan besar tegangan input AC sebesar 500 mV mampu dikonversi menjadi tegangan DC tertinggi sebesar 2,51 V. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa jumlah *stage* berbanding lurus terhadap besarnya tegangan output pada tingkat tertentu. Hasil simulasi yang ditampilkan pada bagian ini membuktikan bahwa proses pengonversian sinyal GSM 900 MHz dimungkinkan secara teoritis menggunakan rangkaian *voltage multiplier* dengan diode *schottky* HSMS 2820.

Hasil Uji Performa Rectifier

Pengujian performa *rectifier* pada rangkaian menggunakan *Signal Generator* HP 8656B 0.1-990 MHz dilakukan di laboratorium Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Semarang. Penggunaan sumber sinyal RF berasal dari *Signal Generator* dimaksudkan untuk mendapatkan sumber sinyal yang dapat dikontrol. *Signal Generator* dapat diatur sehingga bisa mendapatkan sinyal dengan amplitudo dan frekuensi kerja yang diinginkan. Berdasarkan dari hasil simulasi diketahui bahwa rangkaian *voltage multiplier* 5 stages yang digunakan bekerja secara optimal pada amplitudo 500 mV, namun *signal generator* yang ada hanya mampu memberikan amplitudo sebesar 140 mV sehingga pengujian dilakukan dengan variasi amplitudo 100 mV-140 mV. Pengujian rangkaian *rectifier* dilakukan dengan menyambungkan menggunakan kabel ke *Signal Generator*, kemudian *Signal Generator* diatur dengan mevariasikan amplitudo pada range frekuensi 50 MHz – 900 MHz dan pada bagian keluaran rangkaian diukur besar tegangan dan arus yang dihasilkan. Hasil uji performa *rectifier* ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik efisiensi pada range frekuensi 50-900 MHz dengan variasi daya input

Dari hasil pengujian diatas diketahui bahwa kinerja *rectenna* pada range frekuensi 50 MHz-900 MHz, variasi range frekuensi bertujuan untuk mengetahui respons atau performa rangkaian *rectifier* yang telah dibuat bekerja secara optimal pada frekuensi tertentu. Pengujian dengan daya input yang berbeda didapatkan tegangan keluaran dan arus keluaran yang relatif stabil namun terjadi loncatan arus dan tegangan pada frekuensi 350 MHz. Jika dilihat dari gambar 3 pada frekuensi 350 MHz mengalami kenaikan keluaran tegangan, keluaran arus dan efisiensi setiap dinaikkan nilai amplitudo (V_{in}), nilai keluaran tegangan terbesar pada V_{in} 140 mV sebesar 1,56 V, nilai keluaran arus terbesar pada V_{in} 140 mV sebesar 35 μA , nilai efisiensi terbesar pada V_{in} 140 mV sebesar 13,95 %. Hal ini dikarenakan penggunaan nilai kapasitor 1 nF yang memiliki frekuensi kerja 350 MHz berdasarkan datasheet kapasitor. Sehingga disimpulkan bahwa performa rangkaian *rectifier* yang digunakan akan bekerja secara optimal jika bekerja pada frekuensi 350 MHz.

Hasil Pengujian Lingkungan

Pengujian lingkungan dilakukan untuk menguji kemampuan rangkaian mengonversi sinyal GSM 900 MHz yang ada di udara bebas. Pengujian lingkungan dilakukan dengan 2 sumber berbeda yakni dari sumber energi

dan spesifikasi tegangan *threshold* dioda sebesar 0,34 V.

3. Hasil uji performa *rectifier* menggunakan signal generator, efisiensi dengan variasi frekuensi dan V_{in} , diperoleh respons frekuensi terbaik pada frekuensi 350 MHz dan efisiensi terbesar 13,95 % hal masih belum optimal sehingga perlu dilakukan pengoptimalan lanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Paradiso, J. A. dan Starner, T., 2005, Energy Scavenging for Mobile And Wireless Electronics, IEEE Pervasive Computing, 4, pp.18–27.
- [2]. Hart, H., Lanham, K., dan Sass, M., 2009, *S-Band Radio Frequency Energy Harvesting An Integrated Solution for Low-Powered Embedded Systems*, Engineering Programs University of San Diego 5998 Alcalá Park San Diego, CA 92110.
- [3]. Bouchouicha, D., Dupont, F., Latrach, M. dan Ventura, L., 2010, *Ambient RF Energy Harvesting*, International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICRE PQ 2010), 23-25 March, Granada, Spain
- [4]. Wahyun, D., 2012, *Materi Gelombang elektromagnetik*, http://dwiwahyun.blogspot.co.id/2012/05/materi-gelombang_elektromagnetik.html, diakses tanggal 1 Desember 2015.
- [5]. Arrawatia, M., Maryam, S., Baghini, dan Girish, K., 2011, *RF Energy Harvesting System from Cell Towers in 900MHz Band*, Electrical Engineering Department, Indian Institute of Technology Bombay.
- [6]. Alaydrus, M., 2011, *Antena Prinsip dan Aplikasi*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [7]. Zhang, J. dan Huang, Y., 2007, *Rectennas for Wireless Energy Harvesting*, Department of Electrical Engineering and Electronics, University of Liverpool, Liverpool, L69 3GJ UK.
- [8]. Wang, C., Wang, Xian, R., dan Chang, C. T., 2012, *A Compact Rectenna Module for Wireless Charging System*, Graduate Institute of Computer and Communication Engineering National Taipei University of Technology.
- [9]. Muslimin, Z., 2012, *Hukum Ohm, Daya dan Energi*, <https://tauogibarru.files.wordpress.com/2012/04/ii-hk-ohm.pdf>, diakses tanggal 02 Desember 2015.
- [10]. Avago Technologies. Surface Mount RF Schottky Barrier Diodes Technical Data HSMS-282X Series.
- [11]. Round Solution GmbH & Co KG, Antenna And RF Cables Datasheet.