

# Pengembangan Antena Bumbung Gelombang Persegi Mode TM untuk Aplikasi RF Energy Harvesting

Kresna Aditama<sup>1</sup>, Evyta Wismiana<sup>2</sup>, Bloko Budi Ridjadi<sup>3</sup>, Achmad Munir<sup>4</sup>  
<sup>1st, 2nd, 3rd</sup>, Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Pakuan

<sup>4th</sup> Laboratorium Telekomunikasi Radio dan Gelombang Mikro Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, ITB  
Email: kresna7aditama@gmail.com, evytawismiana@unpak.ac.id, dd\_bloko@yahoo.co.id, munir@ieee.org

**Abstract**—In order to meet energy needs, one alternative that can be done is by energy harvesting, which is the use of free energy which is widely available in nature such as radio frequency (RF) waves. In its application, RF waves that scatter in the air can be captured using a wave barge device, which then the energy will be converted into other quantities. The signal generated from the RF wave is captured in the form of an AC wave, the rectifier circuit integrated with the receiving antenna will convert the wave into a DC voltage output. In this paper, the development of square wave antenna with transverse magnetic (TM) mode will be used as the receiving antenna.

**Index Terms**— Wave barn, energy harvesting, Transverse Magnetic (TM) mode, radio frequency (RF).

**Abstrak**—Dalam upaya memenuhi kebutuhan terhadap energi salah satu alternatif yang dapat dilakukan adalah dengan teknik pemanenan energi (energy harvesting) yaitu pemanfaatan energi bebas yang banyak tersedia di alam seperti gelombang frekuensi radio (RF). Dalam pengaplikasiannya, gelombang RF yang berhamburan di udara dapat ditangkap dengan menggunakan perangkat bumbung gelombang, yang kemudian energi tersebut akan di konversi ke dalam besaran lain. Sinyal yang dihasilkan dari gelombang RF yang ditangkap berupa gelombang AC maka rangkaian penyearah yang terintegrasi dengan antena penerima akan mengubah gelombang tersebut menjadi keluaran tegangan DC. Dalam paper ini memaparkan pengembangan antena bumbung gelombang persegi dengan mode transverse magnetic (TM) yang akan digunakan sebagai antena penerima.

**Kata Kunci**— Bumbung gelombang, energy harvesting, mode transverse magnetic (TM), radio frequency (RF).

## I. PENDAHULUAN

Seiring berkembangnya teknologi, kebutuhan manusia terhadap energi listrik juga semakin meningkat. Pada dasarnya, energi tidak dapat diciptakan maupun dimusnahkan, namun energi dapat dikonversi dari besaran yang satu ke besaran energi lainnya. Hukum kekekalan energi ini menjadi dasar pemikiran dalam pemanfaatan sumber energi yang tersedia baik yang bersifat alami seperti energi panas, energi alam dari matahari, angin, gelombang ombak maupun yang bersifat buatan yang diperoleh dari perangkat-perangkat gelombang frekuensi radio (RF energy).

Sumber daya frekuensi yang kini alokasinya banyak digunakan dalam kebutuhan transmisi data dan

telekomunikasi seperti jaringan seluler, wireless access point, dan broad-casting menjadikan pembangunan infrastruktur jaringan berupa Base Transceiver Station (BTS) sangat banyak dibangun. Banyaknya menara-menara pemancar yang memancarkan radiasi gelombang elektromagnetik dapat dimanfaatkan sebagai alternatif sumber energi baru yang terbarukan.

Maka salah satu teknik yang dapat digunakan sebagai alternatif yaitu dengan pemanenan energi (Energy Harvesting) menggunakan rectifier antenna (Rectenna) [1]–[2]. Secara sederhana, rectenna adalah teknologi yang terdiri dari antena dan penyearah gelombang (rectifier) yang berfungsi untuk mengkonversi energi RF dari gelombang elektromagnetik yang dapat berasal dari pemancar jaringan seluler sebagai sumber daya dengan konsep wireless transmission [3].

## II. RF ENERGY HARVESTING DAN BUMBUNG GELOMBANG PERSEGI

### A. Sekilas Tentang RF Energy Harvesting

RF Energy Harvesting adalah suatu teknik yang digunakan dalam menangkap besaran energi bebas yang berasal dari sumber daya alami maupun perangkat yang dirancang manusia untuk kemudian dikonversi langsung menjadi besaran elektrik. Gelombang RF banyak dipancarkan oleh menara-menara pemancar seluler (BTS), radio transmitters, dan broadcast stations. Maka ketersediaan energi bebas gelombang RF yang ada di sekitar memungkinkan teknik konversi energi ini bisa dilakukan dengan mudah [4].

Antena penerima yang terintegrasi dengan rangkaian penyearah gelombang penuh mengkonversi energi radiasi gelombang elektromagnetik menjadi tegangan DC. Prinsip kerja dari rectifier antenna (rectenna) yaitu dengan menggunakan antena sebagai penangkap sinyal RF di ruang bebas yang sangat banyak dipancarkan oleh perangkat-perangkat telekomunikasi seperti BTS, wireless access point, dan lain-lain. Kemudian rangkaian penyearah akan mengubah tegangan yang diterima oleh antena menjadi tegangan DC [5].

Secara umum, waveguide atau bumbung gelombang terdiri dari bumbung logam berongga berbentuk persegi atau lingkaran yang digunakan untuk mengarahkan gelombang elektromagnetik [6]. Bumbung gelombang digunakan terutama pada frekuensi dalam rentang gelombang mikro. Dalam bumbung gelombang, medan listrik dan medan magnet terbatas pada ruang di dalam

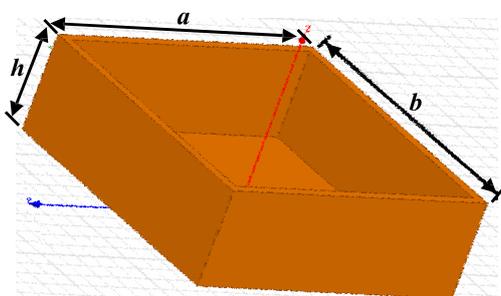
bumbung gelombangnya, sehingga tidak ada daya yang hilang melalui radiasi, dan bahkan rugi-rugi dielektrik dapat diabaikan karena bumbung tersebut berisi udara. Namun, ada beberapa daya yang hilang sebagai panas di dinding bumbung gelombang, tetapi sangat kecil. Bumbung gelombang memiliki beberapa mode gelombang elektromagnetik, mode ini sesuai dengan solusi persamaan Maxwell untuk bumbung gelombang, diantaranya mode Transverse Electric Magnetic (TEM), Transverse Electric (TE), dan Transverse Magnetic (TM) [7].

**B. Perancangan Bumbung Gelombang Persegi Mode TM**

Antena bumbung gelombang yang dirancang berbentuk bumbung gelombang persegi dengan panjang sisi penampang yang sama. Antena penerima akan dirancang agar dapat beroperasi pada kanal transmisi seluler GSM yaitu frekuensi 1,8 GHz sehingga penggunaan dari rectenna ini akan dapat beroperasi pada cakup wilayah yang lebih luas. Untuk dapat bekerja dengan baik pada kanal transmisi seluler GSM, bumbung gelombang persegi yang digunakan sebagai antena penerima energi RF dirancang dengan frekuensi cut-off sebesar 1,6 GHz. Penentuan ukuran penampang bumbung gelombang dengan frekuensi cut-off tertentu pada mode TM dapat ditentukan dengan Persamaan (1) [8].

$$f_{c,nm} = \frac{1}{2\pi\sqrt{\mu\epsilon}} \sqrt{\left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2} \quad (1)$$

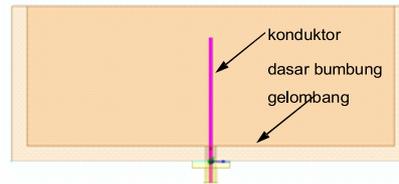
dimana pada mode TM yang terendah, dalam hal ini  $m=1$  dan  $n=1$ , dan frekuensi cut-off 1,6 GHz, dengan panjang sisi yang sama maka ukuran penampang bumbung gelombang adalah  $a = b = 130$  mm. Secara keseluruhan antena bumbung gelombang ini dirancang dengan bahan tembaga, baik dinding bumbung gelombang maupun dasarnya dengan ketebalan sebesar 5 mm serta tinggi (h) sebesar 50 mm. Ketinggian bumbung gelombang sebesar 50 mm dipilih sedikit lebih panjang dari  $\lambda/4$  untuk mendapatkan hasil yang optimum.



Gambar 1. Perancangan bumbung gelombang persegi mode TM.

Pada perancangan antena bumbung gelombang persegi ini, untuk mendapatkan mode TM maka dilakukan pencatutan dengan koaksial seperti diperlihatkan pada Gambar 2. Pada dinding dasar bumbung gelombang dibuat lubang untuk dilwati oleh konduktor sebagai perpanjangan dari probe SMA konektor atau kabel

koaksial untuk pengeksitasi gelombang. Panjang konduktor diubah-ubah untuk mendapatkan tanggapan frekuensi yang optimum, demikian juga dengan ukuran penampang dari antena bumbung gelombang persegi.

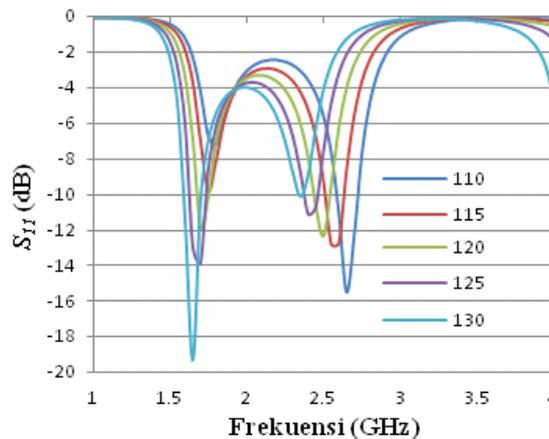


Gambar 2. Pencatutan dengan koaksial untuk mendapatkan mode TM.

**III. STUDI PARAMETER DAN DISKUSI**

**A. Pengaruh Ukuran Penampang**

Untuk mengamati pengaruh ukuran penampang bumbung gelombang persegi terhadap karakteristik antena bumbung gelombang yang dirancang, nilai a diubah mulai dari 110 mm, 115 mm, 120 mm, 125 mm, dan 130 mm. Hasil simulasi untuk perubahan penampang bumbung gelombang (a) terhadap frekuensi dan koefisien refleksi ( $S_{11}$ ) diperlihatkan pada Gambar 3. Dengan memperbesar ukuran penampang bumbung gelombang maka frekuensi cut-off dari bumbung gelombang akan bergeser ke frekuensi rendah dimana gejala ini sesuai dengan Persamaan (1). Hal ini berarti semakin kecil ukuran penampang bumbung gelombang akan membuat frekuensi cut-off semakin tinggi seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Koefisien refleksi dari antena bumbung gelombang persegi untuk perubahan penampang bumbung gelombang.

TABEL I. HASIL SIMULASI UNTUK PERUBAHAN PENAMPANG BUMBUNG GELOMBANG.

Ukuran penampang bumbung gelombang	Frekuensi resonansi (GHz)	Nilai $S_{11}$ (dB)
110 mm	2,65	-15,454
115 mm	2,55	-12,744
120 mm	2,5	-12,3
125 mm	1,7	-13,789
130 mm	1,65	-19,337

Berdasarkan hasil simulasi yang dipaparkan pada Tabel I untuk perubahan ukuran penampang bumbung gelombang me- nunjukan bahwa ukuran antenna bumbung gelombang persegi yang paling sesuai dengan spesifikasi untuk aplikasi RF *energy harvesting* yaitu bumbung gelombang persegi dengan ukuran penampang 125 mm, karena memiliki nilai koefisien refleksi ( $S_{11}$ ) yang cukup baik yaitu sekitar  $-13,789$  dB.

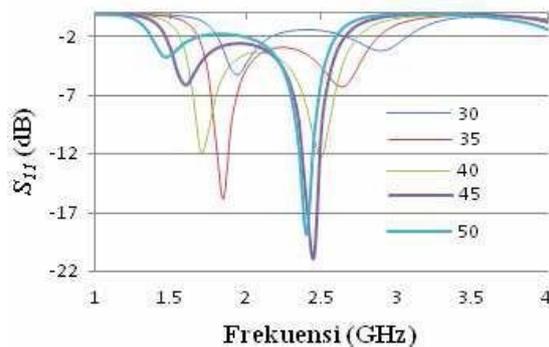
TABEL II. HASIL SIMULASI UNTUK PERUBAHAN PANJANG KONDUKTOR BUMBUNG GELOMBANG.

Ukuran panjang konduktor	Frekuensi resonansi (GHz)	Nilai $S_{11}$ (dB)
30 mm	1,95	-5,256
35 mm	1,85	-15,793
40 mm	2,5	-12,3
45 mm	2,45	-20,658
50 mm	2,4	-18,833

**B. Pengaruh Panjang Konduktor**

Selanjutnya, pengaruh panjang konduktor pengeksitasi gelombang terhadap karakteristik antenna bumbung gelombang dilakukan dengan mengubah panjang konduktor dari 30 mm,

35 mm, 40 mm, 45 mm, dan 50 mm. Hasil simulasi un- tuk perubahan panjang koduktor terhadap frekuensi dan koe- fisien reflesi ( $S_{11}$ ) diperlihatkan pada Gambar 4. Terihat dari hasil simulasi bahwa panjang konduktor berpengaruh secara signifikan terhadap frekuensi kerja, semakin pendek ukuran konduktor mengakibatkan frekuensi semakin menurun. Dari data simulasi yang diperlihatkan pada Tabel II menunjukkan bahwa nilai frekuensi resonansi yang diinginkan yaitu 1,8 GHz diperoleh ketika panjang konduktor 35 mm, dengan nilai koefisien refleksi ( $S_{11}$ ) sebesar  $-15,793$  dB.



Gambar 4. Koefisien refleksi dari antenna bumbung gelombang persegi untuk perubahan panjang konduktor.

**IV. KESIMPULAN**

Pengembangan antenna bumbung gelombang persegi mode TM untuk aplikasi RF *harvesting energy* telah dilakukan untuk dapat bekerja pada kanal transmisi seluler GSM. Hasil simulasi yang diperoleh menunjukkan bahwa antenna bumbung gelom- bang persegi yang cocok dengan spesifikasi yang diinginkan adalah antenna bumbung gelombang persegi dengan ukuran penampang

sebesar 125mm × 125 mm, tebal sebesar 5 mm, tinggi sebesar 45 mm, dan panjang konduktor sebesar 25m. Untuk rencan ke depan, antenna bumbung gelombang persegi yang sudah diperoleh akan terus ditingkatkan kemampuannya supaya diperoleh hasil yang lebih baik untuk dapat direalisasikan purwarupanya.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] S. D. Assimonis dan A. Bletsas, “Energy harvesting with a low-cost and high efficiency rectenna for low-power input,” pada IEEE Radio and Wireless Symposium (RWS), Newport Beach, USA, Jan. 2014, hal. 229–231.
- [2] S. Salsabila dan A. Munir, “1.8GHz printed bow-tie dipole rectenna with voltage quadrupler for RF energy harvesting,” pada IEEE Region 10 Conference (TENCON), Penang, Malaysia, Nop. 2017, hal. 2939–2942
- [3] Y. Kawahara, W. Wei, Y. Narusue, R. Shigeta, T. Asami, dan M. Tentzeris, “Virtualizing power cords by wireless power transmission and energy harvesting,” pada IEEE Radio and Wireless Symposium, Austin, USA, Jan. 2013, hal. 37–39.
- [4] S. Meninger, “A low power controller for a MEMS based energy con- verter,” Tesis Master, Department Electrical Engineering and Computer Science, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, USA, Jun. 1999.
- [5] T. Mitani, S. Kawashima, dan Nishimura, “A feasibility study on a voltage-doubler-type rectenna,” pada IEEE Wireless Power Transfer Conference (WPTC), Aveiro, Portugal, Mei 2016, hal. 1–3.
- [6] S. Y. Liao, *Microwave Devices and Circuits*, 3rd ed., Prentice Hall, 1996. [7] S. F. Mahmoud, *Electromagnetic Waveguides: Theory and applications*, The Institution of Engineering and Technology, 1991.
- [7] R. E. Collin, *Foundations for Microwave Engineering*, 2nd ed., Wiley- IEEE Press, 2001.