

Rancang Bangun Switch Rectifier Antenna Sebagai Otomatisasi Pemanen Energi Elektromagnetik Pada Frekuensi 2.4GHz

Rudy Yuwono, Erfan Achmad Dahlan, Abdul Rozaq Syamsuddin

Abstract— Nowadays the ability to convert electromagnetic wave to DC power is one of the ways to maximizing and reduce electromagnetic pollutant. Switch rectifier antenna is a system which reduce the electromagnetic pollution by converting the electromagnetic wave to DC power with minimal human interaction. Switch rectifier antenna work by turn on/off a relay connected to rectifying antenna and accessible within the same wireless network by using webserver. Work principles of the system is, microstrip antenna capture electromagnetic wave which an AC voltage to rectifier. Rectifier made some conversion process to DC voltage. Some component use to build the system are WiFi module ESP8266, a single relay SPDT SRD-05VDC-SL-C, microstrip antenna with substrate dielectric (ϵ_r) = 3,9, and schottky diode HSMS 2828. A measurement results of DC power for rectifying antenna is -1.884dBm for distance 1m, -5.333dBm for 2m, -8.713dBm for 3m, -9.605dBm for 4m, and -14.948dBm for 5m from source. While the results for switch rectifying antenna is -3.071dBm for 1m, -6.241dBm for 2m, -8.299dBm for 3m, -11dBm for 4m, and -14.948dBm for 5m.

Index Terms— switch rectifier antenna, webserver rectenna, relay rectenna

Abstrak— Pada waktu sekarang kemampuan mengkonversi gelombang elektromagnetik menjadi daya DC adalah salah satu cara untuk memaksimalkan dan mengurangi polusi gelombang elektromagnetik. Switch rectifier antenna adalah sebuah sistem yang mengurangi jumlah polusi gelombang elektromagnetik dengan mengkonversikannya menjadi daya DC dan lebih efisien tanpa campur tangan manusia secara langsung. Switch rectifier antenna bekerja dengan mengaktifkan atau menonaktifkan sebuah relay yang terhubung dengan rectifier antenna dan dapat diakses secara nirkabel dalam satu jaringan melalui webserver. Relay terhubung dengan webserver dan dapat diakses dalam satu jaringan yang sama menggunakan protokol IP. Penggunaan switch rectifier antenna ini diaplikasikan pada frekuensi 2400MHz dengan menghasilkan gelombang DC yang dapat diukur menjadi sebuah tegangan. Komponen yang digunakan dalam perancangan ini meliputi, modul WiFi ESP8266, relay SRD-05VDC-SL-C, antena mikrostrip bahan FR-4 berkonstanta dielektrik (ϵ_r) = 3,9 dan dioda berjenis HSMS 2828. Daya keluaran pada saat pengukuran berlangsung untuk rectifier tanpa switch adalah -1.884dBm, 2m adalah -5.333dBm, 3 meter adalah -8.713dBm, 4 meter adalah -9.605dBm, dan 5m adalah -14.948dBm. Sedangkan daya keluaran untuk switch rectifier antenna pada jarak 1m dari sumber adalah -

3.071dBm, 2m adalah -6.241dBm, 3 meter adalah -8.299dBm, 4 meter adalah -11dBm, dan 5m adalah -14.948dBm.

Kata Kunci— switch rectifier antenna, webserver rectenna, relay rectenna

I. PENDAHULUAN

PERKEMBANGAN dunia Telekomunikasi dibidang komunikasi nirkabel berpengaruh besar terhadap pola pikir manusia dalam menggunakan sebuah perangkat. Hadirnya komunikasi nirkabel sebagai sebuah layanan komunikasi yang semakin baik dari sisi kualitas delay yang kecil dan aksesibilitas yang luas tidaklah lepas dari industri antena yang berkembang pesat. Teknologi antena yang berperan penting dalam dunia nirkabel karena dimensinya yang kecil bernama antena mikrostrip.

Sesuai dengan namanya, antena mikrostrip merupakan antena yang berukuran mikro dengan dimensi umum tidak melebihi dari 5cm persegi. Dimensi yang kecil menjadikan karakteristik antena berbanding terbalik terhadap frekuensi, sehingga dapat digunakan pada perangkat yang berdimensi kecil. Aplikasi antena mikrostrip sangatlah luas, selain sebagai transduser yang mengubah aliran listrik menjadi gelombang elektromagnetik, antena mikrostrip juga dapat berfungsi sebagai pemanen energi elektromagnetik. Alat yang dimaksud untuk melakukan RF Harvesting dinamakan rectenna.

Rectenna adalah kombinasi antara antena dan rectifier, dengan prinsip kerja yang diawali ketika energi wireless diterima oleh antena yang tersambung dengan rectifying diodes melalui filter dan matching impedance. Rectifying Diodes merubah penerimaan energy wireless menjadi tegangan DC. Low pass filter akan menyesuaikan antara beban dengan rectifier. [2].

Penggunaan rectenna pada aplikasi RF mempunyai 3 kelebihan utama: (1) daya tahan penggunaannya hampir tak terbatas. (2) Menjadi sumber energi “hijau” baru yang berasal dari lingkungan. (3) Mengurangi “polusi” gelombang elektromagnetik di udara sekitar.

Penelitian ini membahas perancangan switch rectifier antenna yang melakukan penonaktifan rectifier antenna melalui relay yang terhubung melalui webserver dalam satu protokol jaringan yang sama. Penggunaan switch dan webserver diharapkan dapat meminimalisir kontak antara manusia dengan alat sehingga dapat dicapai kata efisien

Rudy Yuwono, Erfan Achmad Dahlan, Abdul Rozaq Syamsuddin are with the Electrical Engineering Department of Brawijaya University, Malang, Indonesia (corresponding author provide phone 0341-554166; email rudy_yuwono@ub.ac.id).

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Radio Frequency Harvesting

Pemanenan energi merupakan sebuah tantangan dan menjadi perhatian banyak pihak untuk dapat dikembangkan bersama. Hal ini dikarenakan dengan sumber yang ada dapat memberikan supply tegangan untuk perangkat kecil seperti smartwatch, bahkan sebuah smartphone. Pemanenan energi terjadi karena mempunyai 3 kelebihan utama : (1) daya tahan penggunaannya hampir tak terbatas, selama komponen utama tidak terjadi short circuit atau pun overwork maka tidak diperlukan penggantian komponen. (2) Menjadi sumber energi “hijau” baru yang berasal dari lingkungan, karena adanya sumber yang hampir tak terbatas dari gelombang elektromagnetik. (3) Mengurangi “polusi” gelombang elektromagnetik di udara sekitar melalui paparan tak langsung.

B. Perencanaan Antena Mikrostrip

Antena merupakan sebuah komponen yang digunakan sebagai media transmisi dengan fungsi merambatkan atau menerima gelombang elektromagnetik. Penelitian ini melakukan perancangan patch dengan bentuk lingkaran / circular patch, dimana radius dimensi elemen peradiasi dapat didapatkan melalui persamaan [1]:

$$a = \frac{F}{\left\{1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r F} \left[\ln \left(\frac{\pi F}{2h} \right) + 1,7726 \right] \right\}^{1/2}}$$

Keterangan :

- a = jari-jari elemen peradiasi (cm)
- h = ketebalan substrat (m)
- ϵ_r = permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m)
- F = fungsi logaritmik (F) dari elemen peradiasi

Dimensi minimum ground plane yang dibutuhkan oleh antena mikrostrip dapat dicari melalui persamaan [1]:

$$L_g = 6h + 2R$$

dengan:

$$W_g = 6h + \frac{\pi}{2}R$$

dengan:

- L_g = panjang sisi minimum ground plane (m)
- W_g = lebar sisi minimum ground plane (m)
- R = radius patch lingkaran (m)
- H = ketebalan substat (m)

Bentuk desain yang melengkapi antena mikrostrip berupa saluran transmisi, saluran penyesuaian impedansi, jarak antar elemen peradiasi, panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip mengacu pada sumber [1].

Spesifikasi substrat dan bahan konduktor yang digunakan dalam perancangan antena mikrostrip adalah sebagai berikut:

- Bahan dielektrik : FR – 4
Konstanta dielektrik (ϵ_r) = 3.9
Ketebalan dielektrik (h) = 1.6 mm
Loss tangent ($\tan \delta$) = 0.018
- Bahan pelapis substrat (konduktor) tembaga:
Ketebalan bahan konduktor (t) = 0.0001 m
Konduktifitas tembaga(σ) = 5.80×10^7 mho m^{-1}

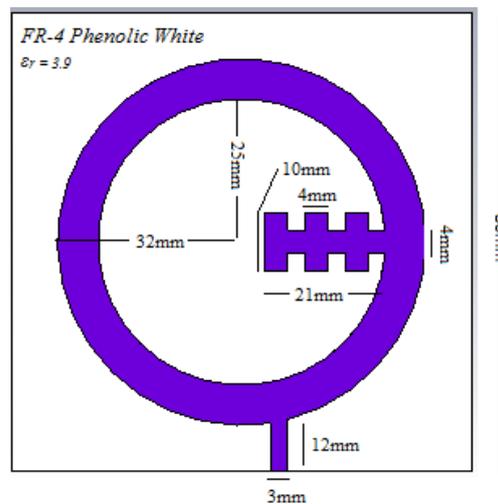
Ukuran bahan = 29.7 x 21 mm

C. Optimasi Antena Mikrostrip

Diperoleh berdasarkan perhitungan rumus diatas, maka parameter pembuatan antena adalah bernilai sebagai berikut.

- Lebar saluran transmisi (Lt) = 3.342mm.
- Panjang saluran transmisi (Pt) = 38,035mm.
- Radius circular patch (a) = 17,968mm.
- Lebar substrat (Ls) = 38,035mm.
- Panjang substrat (Ps) = 45,74mm.

Kemudian dilakukan optimasi bentuk patch dan penambahan stub pada antena, sehingga diperoleh hasil akhir perancangan sebagai berikut.



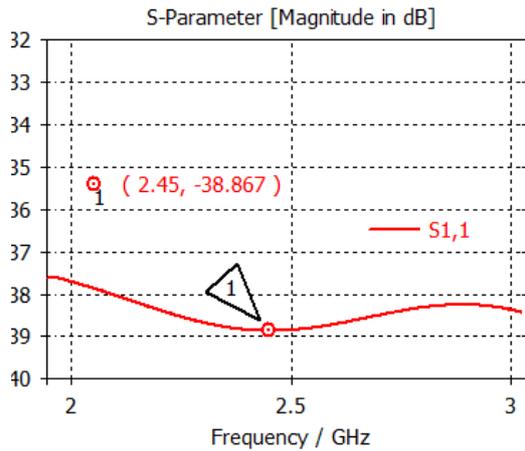
Gambar 1 Bentuk Geometri Antena Mikrostrip:

Penjelasan mengenai dimensi dari antena ditunjukkan pada Tabel 1 di bawah ini.

TABEL I
TABEL DIMENSI ANTENA SETELAH OPTIMASI

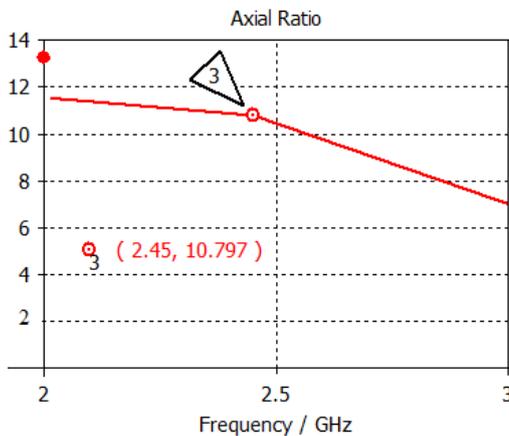
Variabel	Dimensi (mm)
Lebar Substrat	80
Radius Lingkaran Luar	32
Radius Lingkaran Dalam	25
Lebar Saluran Transmisi	3
Panjang Saluran Transmisi	12
Panjang Stub Utama	21
Lebar Stub Utama	4
Panjang Stub Penunjang	4
Lebar Stub Penunjang	10

Hasil simulasi antena seperti ditunjukkan grafik 1 dapat disimpulkan bahwa antena dapat bekerja dengan baik pada frekuensi 2400 MHz dilihat dari nilai Return Loss ≤ -10 dB dan VSWR yang bernilai diantara 1 – 2.



Gambar 2 Nilai Return Loss terhadap frekuensi pada antenna

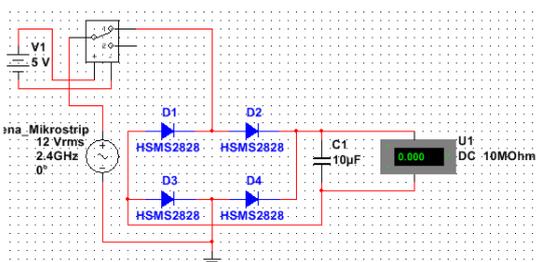
Adapun bentuk polarisasi dari antenna ini masuk kedalam polarisasi linier seperti terlihat pada grafik 4.



Gambar 3 Nilai Axial Ratio terhadap frekuensi pada antenna

D. Perancangan Rectifier

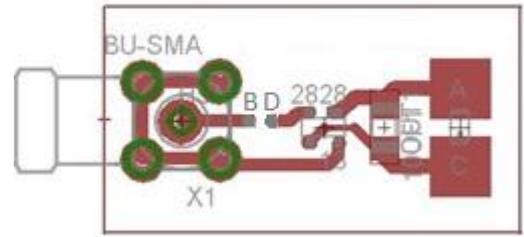
Dalam perancangan rangkaian penyearah (*rectifier*) ini ada beberapa hal yang harus diperhatikan. Diantaranya adalah nilai komponen yang akan digunakan. Karena frekuensi gelombang elektromagnetik adalah sinyal AC, dan untuk mendapatkan sinyal DC maka digunakan rangkaian penyearah yang disesuaikan dengan karakteristik antenna penerima hasil perancangan.



Gambar 4 Rancangan switch rectifier

Rangkaian penyearah terpasang menggunakan diode HSMS2828 yang mempunyai karakteristik bekerja

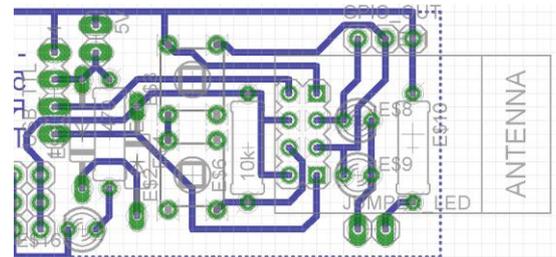
optimal pada frekuensi rendah, namun juga dapat bekerja pada frekuensi 2400 MHz.



Gambar 5 Jalur kaki rancangan rectifier

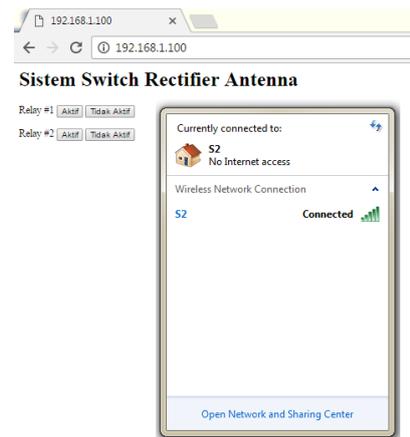
E. Perancangan Webserver

Efisiensi yang ingin dicapai adalah melakukan *switch otomatis* dengan meminimalkan sentuhan langsung terhadap manusia. Modul WiFi ESP8266 digunakan untuk membentuk *webserver* dan melakukan komunikasi secara nirkabel melalui jaringan lokal terhubung.



Gambar 6 Jalur kaki rancangan modul ESP8266

Webserver dapat diakses melalui jaringan lokal yang sama dan dalam hal ini ESP8266 mendapatkan IP address dari router di 192.168.1.100 pada perangkat ber-SSID S2.



Gambar 7 Akses ESP8266 dengan perangkat komputer

III. ANALISIS HASIL PENGUKURAN

A. Pengujian Antena Mikrostrip

Berdasarkan hasil pengukuran, antenna mikrostrip diukur untuk mengetahui komparasi terhadap hasil simulasi yang telah dilakukan.



Gambar 8 Nilai *Return Loss* terhadap frekuensi

Terlihat pada grafik 3, nilai return loss masih dikatakan baik untuk antena pada frekuensi 2400 MHz. Adapun perbedaan signifikan yang terjadi antara hasil simulasi dan fabrikasi yang telah dilakukan dapat dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti pada proses simulasi terjadi kesalahan saat melakukan eksitasi sinyal, atau ketika melakukan proses fabrikasi tidak dilakukan secara sempurna. Sehingga didapatkan hasil komparasi yang jauh berbeda.

Sedangkan untuk polarisasi, dari hasil pengukuran antena tetap menunjukkan polarisasi yang sama, yakni linier.

B. Pengujian Switch Rectifier

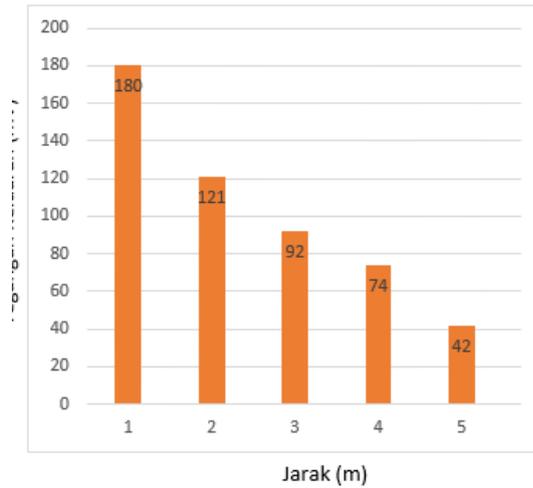
Switch yang dalam penelitian ini menggunakan relay dihubungkan ke *rectifier* dengan menyambungkan pin NO ke jalur masuk dari antena, dan ground dari relay ke jalur masuk ke rangkaian. Karena *switch rectifier* membutuhkan pasokan tegangan, maka disambungkan melalui port usb komputer atau adapter catu tegangan sebesar 5V yang umum dipasaran. Kemudian *switch rectifier* yang telah tersambung, dapat diakses melalui web server yang dalam kasus ini diakses melalui alamat IP 192.168.1.100 pada router ber-SSID S2. Jika ingin menyalakan relay 1, maka tombol “Aktif” ditekan, sehingga *rectifier* tidak menerima arus masuk dari antena.

Hasil pengujian *switch rectifier* menunjukkan *relay* dapat bekerja dengan baik yang secara harfiah untuk mematikan dan menghidupkan kerja dari *rectifier*. *Switch rectifier* juga sudah diuji cobakan untuk dinyalakan secara terus menerus dengan pengujian selama 4x24 jam dan komponen masih dapat digunakan sebagaimana mestinya.

C. Pengukuran dan Pengujian Output Switch Rectifier Antenna

1) Pengukuran Output Rectenna

Tujuan utama dari pengukuran *output rectifier* ini adalah untuk mengetahui apakah *rectifier* dapat bekerja dengan optimal. Pengukuran *output rectifier* dilakukan menggunakan sebuah router Wi-Fi dengan antena sebesar 5dBi sebagai pemancar sinyal pada frekuensi 2400 MHz, dan sebuah multimeter Sanwa CD800a sebagai pengukur tegangan keluaran.

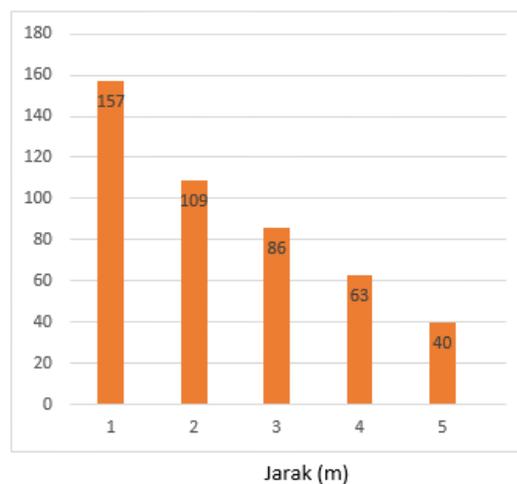


Gambar 9 Hasil Tegangan Keluaran *Rectenna*

Nilai tegangan tertinggi terukur adalah 1m dari router dengan nilai sebesar 180mV, dan nilai tegangan terendah ada pada jarak terjauh dari pengukuran yakni 5m. Sehingga didapatkan kesimpulan menggunakan rangkaian *rectifier* dengan dioda HSMS 2828 maka jarak pengukuran terhadap sumber sinyal adalah berpengaruh.

2) Pengujian Output Switch Rectenna

Tujuan utama dari pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah dengan ditambahkannya rangkaian *switch* pada *rectifier* akan berpengaruh terhadap hasil penerimaan tegangan akhir pada rangkaian. Adapun perlakuan terhadap pengujian tetaplah sama dengan pengujian pada poin 3.3.1, hanya saja ditambahkan *switch* pada *rectenna*.



Gambar 10 Hasil Tegangan Keluaran *Switch Rectenna*

Tegangan tertinggi yang terukur pada *switch rectenna* adalah 157 mV dan terendah adalah 40 mV. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan *switch* dalam rangkaian meski hanya sebatas melakukan *switch* dapat mempengaruhi keluaran tegangan yang terukur.

3) Konversi Nilai Tegangan Ke Daya

Perancangan yang telah dilakukan dengan mengacu pada poin efisiensi, maka nilai dikonversikan menjadi dBm yang merupakan satuan untuk daya. Konversi dilakukan dengan menggunakan perhitungan matematis sebagai berikut,

$$P_{(dBm)} = 10 \log \left(\frac{V^2}{R} \right)$$

dengan: V dalam volt dan R sebesar 50Ω. Maka didapatkan nilai konversi sebagai berikut,

TABEL II.
KONVERSI TEGANGAN KE DAYA

Jarak (m)	Tegangan Keluaran Rectifier Antenna (mV)	Daya Rectifier Antenna (dBm)	Tegangan Keluaran Switch Rectifier Antenna (mV)	Daya Switch Rectifier Antenna (dBm)
1	180	-1.884	157	-3.071
2	121	-5.333	109	-6.241
3	92	-7.713	86	-8.299
4	74	-9.605	63	-11
5	42	-14.524	40	-14.948

D. Efisiensi Pada Sistem Perancangan

Melihat dari hasil pengukuran yang telah dilakukan, maka sistem telah dapat berjalan secara maksimal ditandai dengan dapat digunakannya webserver pada modul ESP8266 untuk melakukan remote switching penggunaan rectifier antenna. Ditilik dari sisi keluaran proses pemanenan energi, rectifier antenna mengeluarkan daya sebesar -1.884dBm pada percobaan rectifier tanpa switch dengan jarak 1m, dan -3.071dBm pada percobaan switch rectifier pada jarak 1m.

IV. KESIMPULAN

Secara ringkas, perancangan antenna mikrostrip pada frekuensi kerja 2400 MHz berdasarkan hasil pengukuran dengan nilai VSWR sebesar 1,568. Daya keluaran untuk rectifier antenna pada jarak 1m dari sumber adalah -1.884dBm, 2m adalah -5.333dBm, 3 meter adalah -8.713dBm, 4 meter adalah -9.605dBm, dan 5m adalah -14.524dBm. Daya keluaran untuk switch rectifier antenna pada jarak 1m dari sumber adalah -3.071dBm, 2m adalah -6.241dBm, 3 meter adalah -8.299dBm, 4 meter adalah -11dBm, dan 5m adalah -14.948dBm. Penggunaan *switch* dalam rangkaian *rectifier* turut mempengaruhi nilai keluaran tegangan pada hasil pengukuran dengan nilai rerata kerugian 10%. Poin efisiensi yang dimaksud pada perancangan ini tercapai dengan penggunaan ESP8266 yang dapat mengaktifkan dan menonaktifkan *rectifier* antenna melalui *webserver*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Balanis, Constantine A. 2005. Antena Theory: Analysis and Design, 3rd Edition. John Wiley and Sons, Inc.
- [2] Zhang, Jingwei. 2013. Rectennas for RF Wireless Energy Harvesting. UK : University of Liverpool.
- [3] Raytheon Co., Waltham, MA. 1980. Rectenna Technology Program. NASA Technical Reports Server : United States.

- [4] Nakar, Punit S. 2004. Design of a Compact Microstrip Patch Antena for use in Nirkabel/Cellular Devices. Thesis, The Florida State University.
- [5] <http://elektronikadasar.org> (diakses pada tanggal 25 September 2014)
- [6] Goldsworthy, Andrew. 2007. The Biological Effects of Weak Electromagnetic Fields. Imperial College London.
- [7] WHO. 2013. IARC Monographs On The Evaluation Of Carcinogenic To Humans. Lyon.
- [8] Lai, Prof. Henry. 2014. Genetic Effects of Non-Ionizing Electromagnetic Fields. USA : University of Washington.
- [9] Gromozova, Elena. dkk. 2016. Genetic Effects Of Non Ionizing Electromagnetic Fields Action. Serbia.
- [10] Desmukh, PS. dkk. 2013. Effect Of Low Level Microwave Radiation Exposure On Cognitive Function and Oxidative Stress in Rats. Indian J Biochem Biophys : India.
- [11] <http://arnoldsat.com> (diakses pada tanggal 25 September 2016)
- [12] <http://digilib.tes.telkomuniversity.ac.id> (diakses pada tanggal 25 September 2016)
- [13] <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu> (diakses pada tanggal 25 September 2016)
- [14] G. Kumar and K.P. Ray. 2003. Broadband Microstrip Antenna. Artech House : USA.