



Desain dan Implementasi Antena Mikrostrip *Single Rectangular Patch* pada *Band* Frekuensi 1920-2180 MHz untuk Pemanen Energi Gelombang Elektromagnetik

Aufar Zikri¹, Mohammad Yanuar Hariyawan, S.T., M.T.², Noptin Harpawi, S.T., M.T.³

¹Politeknik Caltex Riau, email: aufar12tet@mahasiswa.pcr.ac.id

²Politeknik Caltex Riau, email: yanuar@pcr.ac.id

³Politeknik Caltex Riau, email: noptin@pcr.ac.id

Abstrak

Kebutuhan akan energi listrik untuk perangkat elektronik berdaya rendah semakin tinggi. Sehingga ada upaya untuk menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan energi gelombang elektromagnetik. Cara menangkap energi gelombang elektromagnetik adalah dengan menggunakan sebuah antena mikrostrip. Maka dibuat sebuah antena mikrostrip yang sesuai standar untuk menangkap energi gelombang elektromagnetik. Antena mikrostrip yang dirancang bekerja pada band 1920 MHz sampai 2180 MHz. Pada penelitian ini dirancang sebuah antena mikrostrip jenis single rectangular patch yang diimplementasikan pada sistem RFEH dengan integrasi modul power harvester EH300. Antena mikrostrip ini dibuat dari bahan Rogers 4360 dengan konstanta dielektrik 6.15 dan ketebalan 1.52 mm. Hasil simulasi diperoleh VSWR 1.02, Return Loss -39.93 dB, dan Gain 3.03 dBi pada frekuensi 2050 MHz. Pengujian hasil implementasi diperoleh VSWR 1.166, Return Loss -22.4 dB, dan Gain 2.83 dBi pada frekuensi 2050 MHz. Tegangan keluaran dari antena mikrostrip yang diimplementasikan pada sistem RFEH 12.5 mV dalam waktu 5 menit saat daya input sebesar -46.44 dBm.

Kata kunci: Antena Mikrostrip, Power Harvester, Energi Gelombang Elektromagnetik

Abstract

Needs of energy availability for electrical devices is growing high. So there is an effort to produce electrical energy by harvesting energy of electromagnetic waves. Capturing the energy of electromagnetic waves is using a microstrip antenna. Then created a microstrip antenna that standard antenna to capture the energy of the electromagnetic waves. Designed microstrip antenna works at 1920 MHz to 2180 MHz band. In this research designed a microstrip antenna of single rectangular patch type implemented on the system RFEH integrated with power harvester EH300 module. Microstrip antenna is made from materials of 4360 Rogers with dielectric permittivity 6.15 in 1.52 mm. The simulation results are VSWR 1.02, Return Loss -39.93 dB, and gain 3.03 dBi at frequency of 2050 MHz. The test results of implementation are VSWR 1.166, Return Loss -22.4 dB, and gain 2.83 dBi at frequency of 2050 MHz. Output voltage from microstrip antenna implemented in systems of RFEH 12.5 mV in 5 minutes when input power is -46.44 dBm.

Keywords: Microstrip Antenna, Power Harvester, Electromagnetic Wave Energy

1. Pendahuluan

Semakin berkurangnya kebutuhan akan sumber energi bumi untuk menghasilkan energi listrik menyebabkan adanya perkembangan dalam mengkonversikan energi yang ada menjadi energi listrik. Salah satunya adalah memanfaatkan energi gelombang elektromagnetik yang mudah didapatkan atau dikumpulkan. Energi gelombang elektromagnetik ini berasal dari pemancar seperti pemancar TV, pemancar radio, pemancar sinyal GSM/CDMA, dan lain – lain. Energi gelombang elektromagnetik ini kemudian akan dikonversikan menjadi energi listrik DC yang akan dijadikan sebagai pemanenan energi untuk mengisi daya alternatif perangkat berdaya rendah. Dengan ini pengisian daya untuk perangkat berdaya rendah dapat terpenuhi.

Ada beberapa penelitian terdahulu yang mengangkat tema *radio frequency power harvesting*; rancang bangun *rectenna* untuk memanen energi pada frekuensi GSM 1800 MHz [1]. Penelitian ini menghasilkan nilai tegangan output hasil konversi terbaik dari *rectenna* yaitu sebesar 0.4 mV pada frekuensi GSM 1800 MHz. Nilai tegangan keluaran yang dihasilkan masih sangat kecil untuk frekuensi GSM 1800 MHz. Rancang bangun antenna dengan jenis antenna mikrostrip *Rectangular Patch Log Periodic* pada *Ultra High Frequency* [2]. Didapatkan hasil berupa antenna mikrostrip yang bekerja pada frekuensi 575.25 MHz, 655.25 MHz, 900 MHz, 1.8 GHz dan 2.4 GHz. Namun, tegangan keluaran yang dihasilkan pada frekuensi 1.8 GHz adalah 187.8 mV pada tahanan 20 K Ω dengan waktu yang tidak ditentukan. Perancangan sebuah *rectenna grid* yang efisien, murah, dan kompleksitas rendah untuk dianalisis, dibuat dan diukur untuk daya rendah pada RF *input* dan RF *density* [3]. Kinerja yang dievaluasi melalui dua cara yaitu penyearah terhubung langsung ke generator sinyal atau memancarkan terakhir melalui log-periodik antenna dan *rectenna-grid* menerima energi pada medan jauh. Penelitian ini tidak fokus pada frekuensi tertentu tetapi hanya melihat efisiensi dari RF *input* dan RF *output*.

Sebelum melakukan penelitian, langkah pertama melakukan studi literatur untuk mengetahui penelitian-penelitian sebelumnya yang mengangkat tema yang sama pada penelitian ini. Studi literatur dapat dilakukan dengan mempelajari referensi-referensi yang berhubungan dengan tema penelitian atau RFEH (*Radio Frequency Energy Harvsting*). Selanjutnya melakukan survei potensi energi gelombang elektromagnetik yang ada pada 3 lokasi di wilayah Pekanbaru. Survei ini dilakukan di beberapa titik untuk lokasi di lingkungan kampus politeknik Caltex Riau, lingkungan Ramayana, dan lingkungan Mal Pekanbaru. Dari hasil survei potensi energi gelombang elektromagnetik diperoleh level daya paling besar masing-masing -35.9621 dBm pada frekuensi 2023 MHz, -33.38 dBm pada frekuensi 1942 MHz, dan -32.7368 dBm pada frekuensi 2050 MHz.

Sehingga pada penelitian ini akan dirancang dan diimplementasi antenna mikrostrip dengan jenis *single rectangular patch* yang bekerja pada range frekuensi 1920 MHz sampai 2180 MHz yang sesuai dengan parameter-parameter pengukuran antenna yang standar. Dimana hasil yang diinginkan pada penelitian ini adalah nilai VSWR < 2, *return loss* > -10 dB, nilai *gain* > 2 pada frekuensi *cut-off* 2050 MHz. Antena mikrostrip ini akan diimplementasi pada sistem RFEH (*Radio Frequency Energy Harvesting*) dengan melakukan integrasi pada modul *power harvester*.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip adalah suatu antenna berbentuk papan (board) tipis dan mampu bekerja pada frekuensi yang sangat tinggi. Secara bentuk fisik antenna ini terlihat sederhana karena hanya berupa lempengan semacam PCB yang sering dikenal dalam dunia elektronika. Dalam arti lain antenna mikrostrip merupakan suatu konduktor metal yang menempel diatas *groundplane* yang diantaranya terdapat bahan dielektrik [4].

Antena mikrostrip memiliki tiga buah struktur lapisan, yaitu

1. *Patch*
Patch merupakan lapisan teratas dari substrat, lapisan ini biasanya terbuat dari konduktor. Pada lapisan ini akan dibentuk menjadi suatu bentuk tertentu untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik atau sebaliknya [4].
2. *Substrat*
Substrat berfungsi sebagai media penyalur gelombang elektromagnetik dari sistem pencatutan. Karakteristik substrat sangat berpengaruh pada besar parameter – parameter antena. Ketebalan substrat berpengaruh pada bandwidth dari antena [4].
3. *Groundplane*
Groundplane merupakan lapisan paling bawah dari substrat, berfungsi sebagai reflector yang memantulkan sinyal yang tidak diinginkan [4]

2.2 Parameter-Parameter Pengukuran Antena

Parameter antena yang biasanya digunakan untuk menganalisis suatu kinerja antena adalah sebagai berikut :

1. VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*)

VSWR merupakan perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri (*standing wave*) maksimum ($|V|_{max}$) dengan minimum ($|V|_{min}$) [4]. Mencari nilai VSWR pada persamaan 2-1 :

$$S = \frac{|V|_{max}}{|V|_{min}} \quad (2-1)$$

2. *Gain*

Gain pada antena diartikan sebagai perbandingan intensitas radiasi maksimum suatu antena yang diukur terhadap intensitas radiasi maksimum antena isotropik sebagai referensi jika kedua antena tersebut diberi daya yang sama.[5].

3. *Return Loss*

Return loss diartikan sebagai perbandingan antara amplitudo dari gelombang yang dipantulkan terhadap amplitudo gelombang yang dikirimkan. *Return loss* dapat terjadi akibat dari ketidakcocokan antara impedansi saluran transmisi dengan impedansi masukan beban [6], [4]. Pada rangkaian gelombang mikro yang memiliki diskontinuitas (*mismatched*), besarnya *return loss* bervariasi tergantung pada frekuensi seperti yang ditunjukkan pada persamaan 2-2 :

$$return\ loss = 20 \log_{10}|\Gamma| \quad (2-2)$$

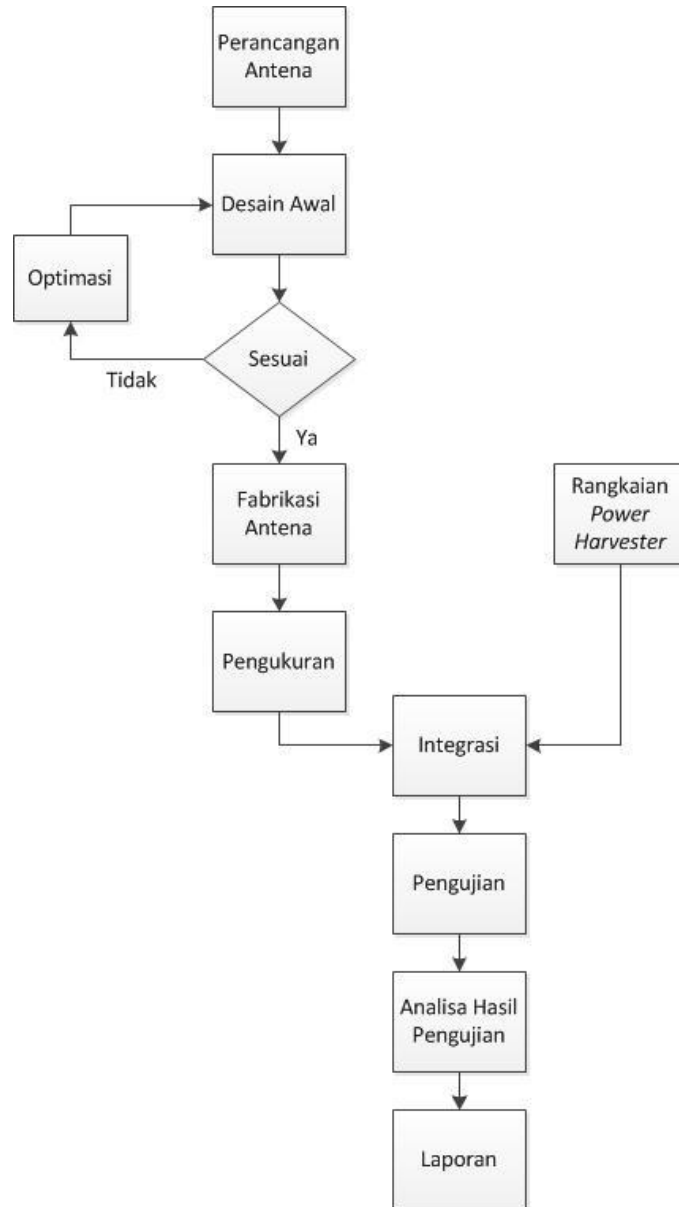
4. Pola Radiasi

Pola radiasi dapat juga diartikan gambaran visual tentang variasi kuat medan elektromagnetik pada titik yang berjarak sama pada antena atau dalam pengertian lain disebutkan sebagai fungsi matematis yang memberikan gambaran tentang sifat – sifat radiasi pada suatu antena.[4].

3. Perancangan

3.1 Langkah-langkah Perancangan

3.1.1 Alur Pengerjaan

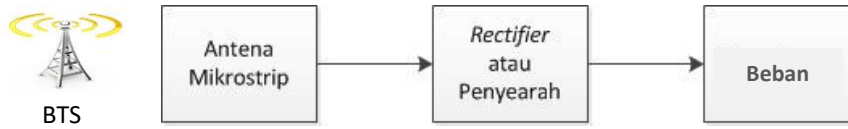


Gambar 1. Alur Pengerjaan Penelitian

Tahapan pengerjaan Penelitian ini berdasarkan Gambar 1 dimulai dengan perancangan antenna mikrostrip dengan desain awal. Jika sesuai dengan perhitungan dimensi elemen peradiasi antenna mikrostrip pada band frekuensi 1920 sampai 2180 MHz, maka akan dilanjutkan dengan fabrikasi antenna. Jika tidak sesuai, maka dilakukan optimasi pada antenna. Hasil fabrikasi antenna diukur VSWR, *return loss*, *gain*, dan pola radiasi. Kemudian diintegrasikan dengan rangkaian *power harvester* berupa *rectifier* modul EH300.

3.1.2 Blok Diagram

Blok diagram yang umum digunakan dapat dilihat pada gambar 2 dimana terdapat empat elemen utama yaitu :



Gambar 1. Blok Diagram

Blok diagram pada gambar 3.2 terdapat empat elemen utama yaitu :

1. Energi gelombang elektromagnetik, yaitu gelombang yang dipancarkan oleh *Base Transceiver Station* (BTS) yang akan dijadikan sumber energi.
2. Antena mikrostrip, merupakan sebagai antenna penerima yang akan menangkap energi gelombang elektromagnetik dari udara bebas.
3. *Rectifier* atau *power harvester* merupakan rangkaian pengubah energi gelombang elektromagnetik menjadi energi listrik DC dan sekaligus menguatkannya.
4. Beban merupakan perangkat berdaya rendah yang akan menampung energi listrik DC yang dihasilkan dari *rectifier* atau *power harvester*.

3.1.3 Cara Kerja Sistem

Ada tiga tahapan dalam kerja sistem perangkat ini yaitu sebagai berikut:

1. Antena mikrostrip yang akan menangkap atau menerima energi gelombang elektromagnetik yang ada disekitar antena. Energi gelombang elektromagnetik ini berasal dari berbagai pemancar-pemancar melalui propagasi udara bebas.
2. Energi gelombang elektromagnetik yang telah ditangkap atau diterima akan dimasukkan ke dalam *rectifier* atau *power harvester* melalui saluran transmisi yang telah disesuaikan impedansinya terlebih dahulu.
3. Di dalam *rectifier* atau *power harvester*, energi gelombang elektromagnetik akan diubah menjadi energi listrik DC dan sekaligus menguatkannya.
4. Energi listrik DC yang dihasilkan akan disimpan atau digunakan pada pengisian daya untuk perangkat berdaya rendah.

3.2 Perancangan Antena Mikrostrip

Dalam pembuatan antena mikrostrip dapat menggunakan persamaan (3-1) sampai (3-6) [2],[5] dan perhitungan lebar serta panjang saluran transmisi dapat menggunakan persamaan (3-7) sampai (3-8) [4],[5].

Langkah 1 : Perhitungan Lebar Patch (W)

$$W = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}}$$

$$W = 38,699 \text{ mm} \tag{3-1}$$

Langkah 2 : Perhitungan Konstanta Dielektrik Efektif (ϵ_{eff})

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{w} \right]^{-\frac{1}{2}} \tag{3-2}$$

$$\epsilon_{eff} = 5,698$$

Langkah 3 : Perhitungan Effective length (L_{eff})

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{eff}}} \tag{3-3}$$

$$L_{eff} = 30,653 \text{ mm}$$

Langkah 4 : Perhitungan length extension (ΔL)

$$\Delta L = \frac{(\epsilon_{eff} + 0,3)\left(\frac{W}{h} + 0,264\right)}{(\epsilon_{eff} - 0,258)\left(\frac{W}{h} + 0,8\right)} \quad (3-4)$$

$$\Delta L = 1,08$$

Langkah 5 : Perhitungan Panjang Actual Patch (L)

$$L = L_{eff} - 2\Delta L \quad (3-5)$$

$$L = 28,493 \text{ mm}$$

Langkah 6 : Perhitungan Dimensi Substrat (L_s dan W_s)

$$L_s = 6h + L$$

$$W_s = 6h + W \quad (3-6)$$

$$L_s = 37,613 \text{ mm}$$

$$W_s = 47,819 \text{ mm}$$

Langkah 7 : Perhitungan Panjang Saluran Transmisi (L_o)

$$L_o = \frac{c}{4f_o\sqrt{6,15}} \quad (3-7)$$

$$L_o = 14,753 \text{ mm}$$

Langkah 8 : Perhitungan Lebar Saluran Transmisi (W_o)

$$W_o = \frac{L_o}{3,96} \quad (3-8)$$

$$W_o = 3,726 \text{ mm}$$

Dimana sebelum masuk pada perhitungan diatas, terlebih dahulu menghitung dan menentukan frekuensi cut-off (f_o) dengan menggunakan perhitungan dasar [8], sebagai berikut :

$$f_o = \frac{f_1 + f_2}{2} \quad (3-9)$$

$$f_o = 2050 \text{ MHz}$$

Dimana f_1 merupakan frekuensi bawah dan f_2 merupakan frekuensi atas dari rentang frekuensi.

Kemudian menghitung dan menentukan ketebalan (h) dari suatu bahan antenna dengan menggunakan perhitungan dasar [8], sebagai berikut :

$$h \leq \frac{0,3 \times c}{2\pi f_o \sqrt{\epsilon_r}} \quad (3-10)$$

$$h \leq 2,819 \text{ mm}$$

Dimana $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ dan ϵ_r adalah konstanta dielektrik bahan antenna.

Kemudian dilakukan simulasi dari hasil perhitungan didapatkan nilai VSWR 4,3208 pada frekuensi 2050 MHz dan *Return Loss* -4,0955 dB. Nilai VSWR dan *Return Loss* belum memenuhi kriteria VSWR dan *Return Loss* yang bagus yaitu nilai VSWR harus di bawah 2 dan *Return Loss* harus dibawah -10 dB. Maka dilakukan optimasi hasil simulasi dengan teknik *matching impedance* dan teknik pemotongan *groundplane*. Sehingga didapatkan nilai parameter-parameter yang baru pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Parameter-Parameter Setelah Dilakukan Optimasi Hasil Simulasi

No	Parameter yang dioptimasi	Simbol	Nilai (mm)
1	Lebar Patch	W	36,699
2	Panjang Saluran Transmisi	L_o	36,58536
3	Jarak Patch dengan <i>Groundplane</i>	L_{gap}	3,75228
4	Panjang Patch	L	25,493
5	Panjang Substrat	L_s	34,613
6	Lebar Substrat	W_s	45,819
7	Lebar Saluran Transmisi	W_o	2,243

3.3 Rectifier atau Power Harvester

Untuk *rectifier* atau *power harvester* pada penelitian ini menggunakan modul *rectifier* yang telah beredar di pasaran. *Rectifier* atau *power harvester* yang digunakan adalah modul EH300. Modul EH300 adalah modul yang dapat menerima energi dari beberapa tipe sumber energi dan menyimpan energi dari berbagai sumber energi listrik. Pada modul EH300 terdapat kapasitor yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan (+V) yang juga dapat beralih menjadi tegangan keluaran. Selama periode pengisian pertama, +Volt mulai mengisi dari 0,0 Volt. Ketika +Volt telah mencapai V_H , modul akan mengeluarkan tegangan (V_P) modul aktif dan menjadi kondisi ON dan kemudian mampu mengeluarkan hasil output [7].

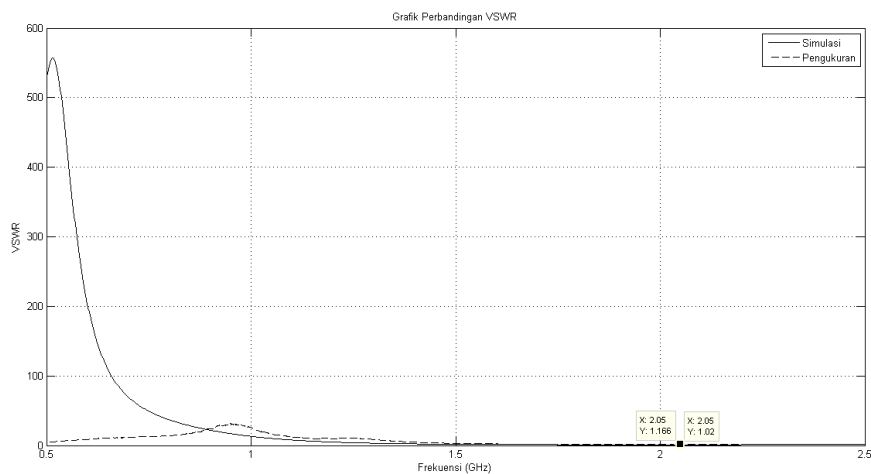
4. Pengujian dan Analisis

Pengujian unjuk kerja antena mikrostrip *single rectangular patch* yaitu parameter-parameter antena berupa *VSWR*, *Return Loss*, *Gain* dan Pola Radiasi. Pengujian masing-masing parameter dilakukan dalam dua tahap yaitu pengujian menggunakan *software* berupa simulasi dan pengujian hasil fabrikasi di Laboratorium.

4.1 Pengujian

1. Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

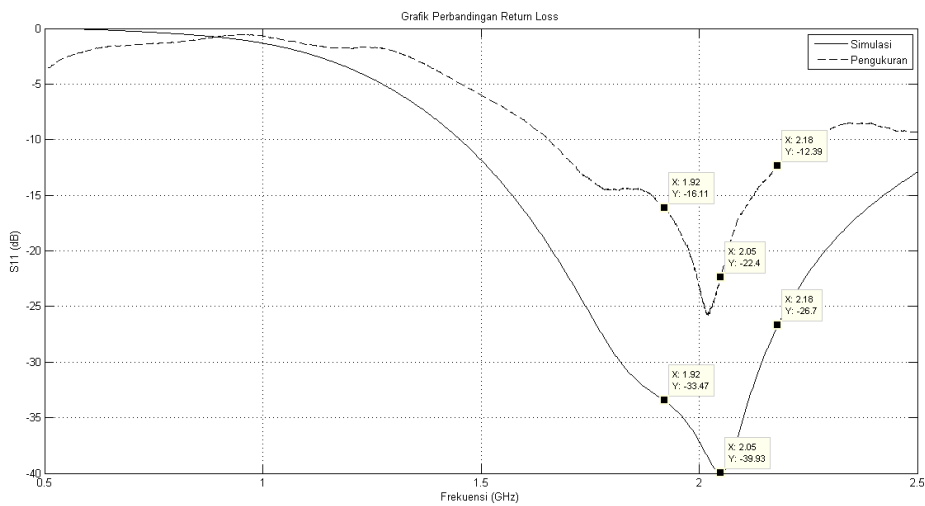
Hasil Perbandingan yang didapatkan dari simulasi dan implementasi ditunjukkan pada Gambar 3 dimana nilai *VSWR* hasil simulasi yaitu 1,02 pada frekuensi 2050 MHz dan hasil implementasi yaitu 1,166 pada frekuensi 2050 MHz. Nilai *VSWR* yang didapatkan baik simulasi maupun fabrikasi sesuai dengan syarat nilai *VSWR* yang bagus yaitu dibawah 2.



Gambar 3. Hasil Perbandingan VSWR dengan Simulasi dan Implementasi

2. Return Loss dan Bandwidth

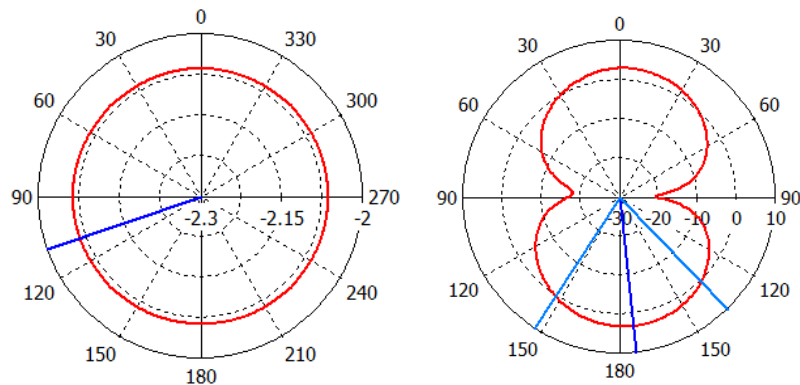
Hasil Perbandingan yang didapatkan dari simulasi dan implementasi ditunjukkan pada Gambar 4 dimana nilai *Return Loss* hasil simulasi yaitu -39,93 dB dan hasil implementasi yaitu -22,4 dB pada frekuensi 2050 MHz. Nilai *Return Loss* yang didapatkan baik simulasi maupun fabrikasi sesuai dengan syarat nilai *Return Loss* yang bagus yaitu dibawah -10 dB. Untuk *Bandwidth* baik hasil simulasi maupun implementasi telah memenuhi syarat yaitu sebesar 260 MHz. Dimulai pada frekuensi awal 1920 sampai frekuensi akhir 2180 MHz. Hasil Simulasi diperoleh -33,47 dB dan -26,7 dB. Hasil Implementasi yaitu -16,11 dB dan -12,39 dB.



Gambar 4. Hasil Perbandingan *Return Loss* dengan Simulasi dan Implementasi

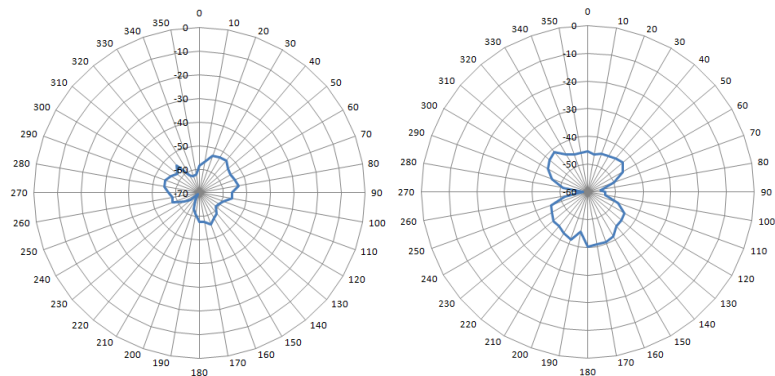
3. Pola Radiasi

Hasil simulasi pola radiasi antenna yang didapatkan seperti pada Gambar 5. Hasil Simulasi pola radiasi dilakukan dengan dua kondisi yaitu vertikal dan horizontal.



Gambar 5. Pola Radiasi Antena Hasil Simulasi (a) Vertikal dan (b) Horizontal

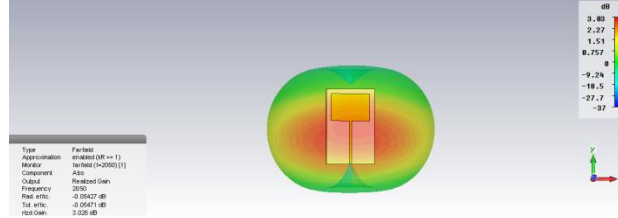
Sedangkan pola radiasi antenna hasil implementasi diperoleh seperti pada Gambar 6. Pengujian pola radiasi dilakukan dengan dua posisi peletakan yaitu posisi horizontal dan posisi vertikal.



Gambar 6. Pola Radiasi Antena Hasil Implementasi (a) Vertikal dan (b) Horizontal

4. Gain

Hasil yang didapatkan dari simulasi menggunakan *software* ditunjukkan pada Gambar 7 dimana *Gain* pada frekuensi cut-off 2050 MHz. *Gain* yang didapatkan yaitu sebesar 3,03 dBi.



Gambar 7. Hasil Simulasi *Gain* Antena pada Frekuensi 2050 MHz

Sedangkan hasil implementasi yang didapatkan yaitu *gain* referensi (G_{ref}) sebesar 3,2 dBi, daya yang diterima pada antena referensi (Pr_{ref}) sebesar -56,67 dBm dan daya yang diterima pada antena mikrostrip (Pr) sebesar -57,04 dBm. Dengan menggunakan persamaan (4-1).

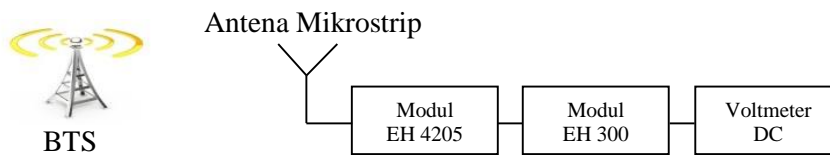
$$G = G_{ref} + Pr - Pr_{ref} \tag{4-1}$$

$$G = 3,2 \text{ dBi} + (-57,04 \text{ dBm}) - (-56,67 \text{ dBm})$$

$$G = 2,83 \text{ dBi}$$

5. Perangkat Secara Keseluruhan

Gambar 8 merupakan blok diagram dari pengukuran perangkat secara keseluruhan. Perangkat secara keseluruhan merupakan gabungan dari antena mikrostrip *single rectangular patch* dengan modul *rectifier* atau *power harvester* berupa modul EH4205 dan EH300.



Gambar 8. Blok Diagram Pengukuran Perangkat Secara Keseluruhan

Sinyal yang ditangkap berupa energi gelombang elektromagnetik dari pemancar sinyal CDMA. Keluaran dari EH300 diukur menggunakan voltmeter DC. Parameter yang diuji yaitu tegangan keluaran. Tegangan keluaran yang didapatkan adalah sebesar 12,5 mV dalam waktu 5 menit. Daya yang diterima (P_{in}) pada antena mikrostrip sebesar -46,44 dBm atau 25 nW. Sedangkan daya yang keluar dari modul EH300 (P_{out}) dapat dicari dengan menggunakan persamaan (4-2). Dimana nilai kapasitor (C) pada modul EH300 adalah 1000 μ F, Tegangan keluaran dari modul EH300 (V) adalah 12,5 mV dan waktu yang dibutuhkan (t) adalah 5 menit atau 300 dalam satuan detik.

$$P_{out} = \frac{C \times V^2}{2 \times t} \tag{4-2}$$

$$P_{out} = 2,6 \text{ pW.}$$

Daya keluaran yang didapatkan dari modul EH300 adalah 2,6 pW. Sehingga dapat dicari nilai efisiensi daya dalam (%) dengan menggunakan persamaan (4-3).

$$Efisiensi (\%) = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \tag{4-3}$$

$$Efisiensi (\%) = \frac{2,6 \times 10^{-12}}{25 \times 10^{-9}} \times 100$$

$$Efisiensi = 0,0104 \%$$

4.2 Analisis

Hasil pengujian yang telah dilakukan baik secara simulasi maupun implementasi menghasilkan hasil data untuk parameter-parameter pengukuran antenna. Namun, sebelumnya pada awal desain antenna hasil simulasi yang didapatkan belum memenuhi syarat VSWR dan *Return Loss* yang standar. Sehingga perlu dilakukan optimasi hasil simulasi dengan teknik *matching impedance*, perubahan dimensi antenna, dan pemotongan *groundplane*. Pada teknik *matching impedance* nilai impedansi pada saluran transmisi dan beban dijadikan 50 Ohm. Sehingga untuk mendapatkan nilai impedansi 50 Ohm pada saluran transmisi dilakukan optimasi dengan cara mengubah ukuran dimensi saluran transmisi. Dimana lebar saluran transmisi diperoleh sebesar 2,243 mm dan panjang saluran transmisi dibuat sepanjang $\lambda/4$ yaitu 36,58536 mm. Sehingga nilai impedansi yang didapatkan pada hasil simulasi setelah optimasi adalah 48,8 Ohm, sedangkan hasil implementasi didapatkan nilai impedansi 46,8 + 5,6j Ohm.

Untuk perubahan dimensi antenna dilakukan agar bentuk antenna lebih kecil yang disesuaikan untuk media RFEH. Dimana untuk dimensi perubahan hanya dilakukan pada dimensi *patch*, sedangkan dimensi *substrat* akan mengikuti perubahan karena dimensi *substrat* berkaitan dengan dimensi *patch*. Pemotongan *groundplane* dilakukan untuk mendapatkan *bandwidth* agar memenuhi syarat yang telah ditentukan yaitu sebesar 260 MHz.

Perbandingan hasil simulasi setelah optimasi dengan hasil implementasi terjadi pergeseran. Dimana hasil simulasi setelah optimasi lebih bagus dibandingkan hasil implementasi. Namun, pada hasil implementasi nilai VSWR dan *Return Loss* tetap memenuhi syarat yang bagus. Sehingga antenna mikrostrip yang telah difabrikasi masih layak untuk diintegrasikan dengan modul *rectifier* EH300 untuk memanen energi gelombang elektromagnetik. Dilihat dari pengujian parameter antenna yang lain seperti pola radiasi dan *gain* menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda dengan nilai yang didapatkan hasil simulasi setelah optimasi. Penyebab terjadinya pergeseran nilai-nilai parameter pengukuran antenna dapat terjadi pada saat fabrikasi antenna. Fabrikasi antenna yang dilakukan secara manual tanpa menggunakan mesin bisa menjadi faktor penyebab bergesernya nilai-nilai parameter pengukuran antenna. Karena pada saat fabrikasi antenna dimensi antenna kurang tepat, dimensi elemen-elemen peradiasi yang juga bergeser dalam satuan millimeter, pemasangan konektor, hasil solder yang kurang rapi, pelarutan antenna yang kurang baik, dan lain sebagainya.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

- Antena ini telah dapat dijadikan sebagai media untuk menangkap energi gelombang elektromagnetik pada rentang frekuensi antara 1920 sampai 2180 MHz..
- Antena mikrostrip *single rectangular patch* yang telah dirancang dan diimplementasi memenuhi syarat nilai parameter pengukuran antenna yang bagus. Untuk hasil simulasi diperoleh VSWR 1,02, *Return Loss* -39,93 dB dan *gain* 3,03 dBi. Hasil Implementasi diperoleh VSWR 1,166, *Return Loss* -22,4 dB dan *gain* 2,83 dBi pada frekuensi *cut-off* 2050 MHz.
- Antena mikrostrip *single rectangular patch* menghasilkan pola radiasi baik simulasi maupun fabrikasi sesuai standar yang telah ditetapkan di awal perancangan yaitu *omnidireksional*.
- Tegangan keluaran dari antenna mikrostrip yang diimplementasikan pada sistem RFEH 12.5 mV dalam waktu 5 menit dengan daya maksimum yang diterima oleh antenna mikrostrip *single rectangular patch* -46.44 dBm.

5.2 Saran

Dari pengujian dan analisis yang telah dilaksanakan, adapun saran penulis adalah untuk pengembangan antenna ini dapat dilakukan dengan cara mengubah bentuk dimensi *patch* antenna

untuk disesuaikan fungsi sebagai media *radio frequency energy harvesting* dan menggunakan bahan yang memiliki karakteristik yang berbeda.

Daftar Pustaka

- [1] D. Parubak, "Rancang Bangun Antena Penyearah (Rectifier Antenna) untuk Pemanen Energi Elektromagnetik Pada Frekuensi GSM 1800 MHz," *J. Univ. Brawijaya*, 2014.
- [2] Y. D. Andrea, "Rancang Bangun Antena Mikrostrip Rectangular Patch Log Periodik untuk Ultra High Frequency Energy Harvesting." Politeknik Caltex Riau, Pekanbaru, 2014.
- [3] S. D. Assimonis, "Efficient RF Harvesting for Low-Power Input with Low-Cost Lossy Substrate Rectenna Grid," *IEEE RFID-TA J.*, pp. 1–6, 2014.
- [4] C. A. Balanis, *ANTENNA THEORY ANALYSIS AND DESIGN*. 2005.
- [5] A. Azizah, "Desain Antena Mikrostrip Triangular untuk Aplikasi Radar Altimeter," *J. Univ. Hasanuddin*, 2013.
- [6] R. D. Cahyo, "Perancangan dan Analisis Antena Mikrostrip Array dengan Frekuensi 850 MHz untuk Aplikasi Praktikum Antena," *J. Univ. Diponegoro*, 2009.
- [7] I. Advanced Linear Devices, "EH300/EH301 EPAD ENERGY HARVESTING Modules," 2007.

