

Radio Frequency Energy Harvesting pada Antena Mikrostrip Array Frekuensi 2100 MHz

Author:

Sri Indah Rezkika¹
Sari Novalianda²
Panangian Mahadi
Sihombing³

Affiliation:

Universitas Al-
Azhar^{1,2,3}

Corresponding email
sriindahrezkika@gmail.com

Histori Naskah:

Submit: 2024-11-03
Accepted: 2024-11-08
Published: 2024-11-08



This is an Creative Commons
License This work is licensed
under a Creative Commons
Attribution-NonCommercial 4.0
International License

Abstrak:

Pada perkembangan telekomunikasi yang semakin berkembang pesat kebutuhan akan energi listrik juga semakin tinggi, untuk itu perlu digunakan energi alternatif untuk menutupi kebutuhan energi. Energi alternatif dapat memanfaatkan energi yang terdapat di bumi salah satunya yaitu gelombang elektromagnetik bebas dengan menggunakan sistem RF (*Radio Frequency*) *energy harvesting*. Salah satu komponen penting pada sistem RF (*Radio Frequency*) *energy harvesting* adalah antena. Pada penelitian ini dirancang antena mikrostrip *array patch* segiempat frekuensi 2100 MHz yang terdiri dari atas 4 susunan. Dari hasil pengukuran antena didapat nilai VSWR dan *return loss* yang terbaik sebesar 1,07 dan -29,25 dB pada frekuensi 2170 MHz. Tegangan keluaran dari antena mikrostrip yang diimplementasikan pada sistem RF *energy harvesting* adalah sebesar 17 mV untuk pengukuran daerah kota Medan, yaitu di Laboratorium Sistem Komunikasi Radio, 29 mV untuk pengukuran daerah kota Medan di Jalan Abdul Hakim dan 33 mV untuk pengukuran di Plaza Medan Fair. Dari implementasi yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan tegangan yang dipanen di dalam ruangan lebih kecil dibandingkan di luar ruangan.

Kata kunci: *Energy Harvesting, Matching Impedance, Mikrostrip Array, Radio Frequency, Return Loss*

Pendahuluan

Pada era globalisasi ini dimana perkembangan perangkat telekomunikasi yang berkembang pesat menyebabkan akan kebutuhan energi listrik yang semakin meningkat. Dengan terbatasnya sumber daya alam untuk memenuhi kebutuhan energi listrik dalam kapasitas yang besar maka perlu menggunakan energi alternatif untuk menghemat sumber daya alam yang terbatas. Salah satu energi alternatif yang banyak terdapat di alam ini adalah gelombang elektromagnetik bebas (Herdani, 2014). Gelombang elektromagnetik ini dapat dimanfaatkan dengan menggunakan sistem RF (*Radio Frequency*) *Energy Harvesting*. Sistem ini terdiri dari antena, *matching impedance*, dan rangkaian penyearah (*rectifier*). Salah satu komponen yang penting dalam sistem tersebut yaitu antena. Antena yang sedang berkembang pada saat ini adalah mikrostrip.

Antena mikrostrip merupakan salah satu jenis antena yang berbentuk papan (*board*) tipis dan mampu bekerja pada frekuensi yang sangat tinggi. Antena mikrostrip dibuat dengan menggunakan sebuah substrat yang mempunyai tiga buah lapisan struktur dari substrat yaitu : *patch*, substrat, dan *ground plane* (Balanis, 2005). Banyak penelitian yang sudah dilakukan mengenai antena mikrostrip untuk RF *energy harvesting* sebagai contoh yaitu rancang bangun *rectifier* antena pada frekuensi (Zikri & Dirton, 2014; Zhang, Jiao, Zhao, Song, Wang, 2008). Pada penelitian ini antena mikrostrip disusun 2 elemen

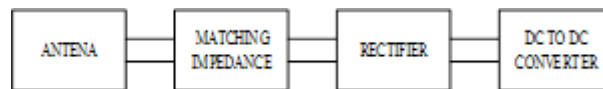
kemudian dihubungkan pada rangkaian *rectifier* dan berhasil memanen tegangan keluaran sebesar 0,4 mV, namun nilai keluaran tegangan ini masih kecil. Selain itu ada juga penelitian dengan menggunakan antena yang sama yaitu antena mikrostrip *single rectangular patch* pada *band* frekuensi 1920-2180 (Zikri, AUFAR, dkk, 2016; Liu, W. C. & H.-J. Liu, 2007). Pada penelitian tersebut antena mikrostrip dihubungkan pada rangkaian *rectifier* berupa modul EH 4205 dan EH 300, kemudian berhasil memanen tegangan keluaran sebesar 12,5 mV.

Oleh karena itu pada Skripsi ini akan dirancang antena mikrostrip *singleband* frekuensi 2100 MHz yang terdiri atas 4 susunan untuk menaikkan *gain* antena. Sehingga dapat mengoptimalkan pemanenan daya lebih baik dari penelitian sebelumnya.

Studi Literatur

Teori yang dibahas dalam sub – bab yaitu: *energy harvesting*, antena mikrostrip, antena mikrostrip *array*, antena mikrostrip *patch* persegi panjang, panjang dan lebar saluran pencatu.

Energy Harvesting adalah suatu proses mengumpulkan dan menyimpan energi ambient dari berbagai sumber yang ada di lingkungan untuk komponen penyimpanan energi. Salah satu dari *energy harvesting* adalah dengan menggunakan RF (*Radio Frequency*) ambient energi (Mo on, Jung-Ick, Cho, In-Kui, Kim, Seong-Min, Yun, Jae-Hun & Byun, Wo o-Jin, 2014; Eberspacher & Voge, 2009; Tanzana, 2007). Pemanenan energi RF adalah proses menangkap sinyal RF dalam bentuk energi elektromagnetik yang terdapat di udara dan mengubahnya menjadi daya DC (*Direct Current*). Sistem ini terdiri dari antena, *matching impedance*, rangkaian penyearah (*rectifier*) dan DC to DC Converter. Gambar 1 menunjukkan blok diagram dari sistem RF *energy harvesting*.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem RF *Energy Harvesting*

Adapun fungsi dari tiap – tiap komponen pada sistem RF *energy harvesting* yaitu sebagai berikut ini (Islam, Shakib & Misran, 2009; Indra, 2010) :

1. Antena

Antena berfungsi untuk mengirim dan menerima gelombang elektromagnetik.

2. *Matching impedance*

Matching impedance berfungsi untuk menyeimbangkan impedansi antena dengan impedansi *rectifier* agar terjadi transfer daya maksimum.

3. *Rectifier*

Rectifier berfungsi untuk mengubah/konversi gelombang elektromagnetik AC menjadi DC.

4. DC to DC Converter

DC to DC Converter berfungsi untuk me-kuatkan tegangan yang sudah di konversi dari *rectifier*.

Antena mikrostrip adalah antena yang berbentuk papan (*board*) tipis dan mampu ber-operasi pada frekuensi yang sangat tinggi. Antena mikrostrip mempunyai struktur yang terdiri dari 3 lapisan (Zikri, AUFAR, dkk, 2016; Aida, 2013):

a. *Patch*

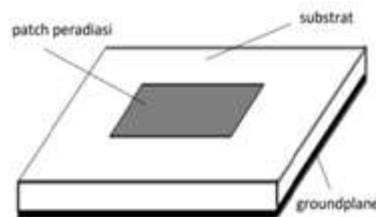
Patch adalah lapisan teratas yang berfungsi untuk meradiasikan gelombang elektro-magnetik dan terbuat oleh lapisan logam dengan ketebalan tertentu. *Patch* dapat berbentuk lingkaran, persegi panjang, segitiga, *circular ring*, persegi dan elips.

b. Substrat

Substrat adalah lapisan tengah yang berfungsi sebagai bahan dielektrik dari antena mikrostrip yang membatasi elemen peradiasi dengan elemen pentanahan. Elemen ini memiliki jenis yang bervariasi yang dapat digolongkan berdasarkan nilai konstanta dielektrik (ϵ_r) dan ketebalannya (h). Kedua nilai tersebut mempengaruhi frekuensi kerja, *bandwidth*, dan juga efisiensi dari antena yang akan dibuat.

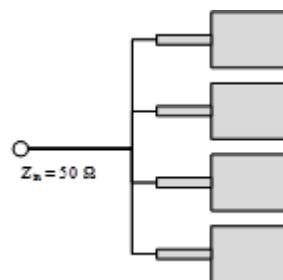
c. *Groundplane*

Groundplane adalah lapisan paling bawah berfungsi sebagai reflektor yang memantulkan sinyal yang tidak diinginkan. Gambar 2 memperlihatkan struktur dasar dari antena mikrostrip yang tersusun atas *patch*, *substrat* dan *groundplane* (Maria, 2013; Garg, Bhartia, Bahl & Ittipiboon, 2001).



Gambar 2. Antena Mikrostrip

Pada antena mikrostrip dengan *patch* elemen tunggal memiliki *gain* yang kurang baik. Sedangkan pada aplikasinya diperlukan antena dengan *gain* yang tinggi. Untuk memenuhi kebutuhan karakteristik tersebut antena mikrostrip dapat disusun (*array*) menggunakan elemen tunggal (Alsager, 2011; Lai, Mak & Chan, 2014; Alam, 2015). Gambar 3 memperlihatkan antena mikrostrip *array* yang terdiri dari 4 susunan.



Gambar 3 Antena Mikrostrip Array 4 Elemen

Patch dengan bentuk persegi panjang adalah bentuk yang paling umum digunakan dan mudah di analisis. Adapun rumus yang untuk menentukan lebar *patch* menggunakan Persamaan 1 (Maria, 2013; Amin, Shimanto & Rezaur, 2016).

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

Dimana W adalah lebar patch dalam satuan meter, c adalah kecepatan cahaya di ruang bebas yaitu sebesar 3×10^8 m/det, f_0 adalah frekuensi kerja antena dalam satuan Hz. Untuk menentukan panjang *patch* (L) menggunakan Persamaan 2 (Maria, 2013; Fahrazal, 2008).

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

Dimana L_{eff} adalah panjang *patch* efektif yang dihitung dengan Persamaan 3 (Maria, 2013; Alaydrus, 2011).

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (3)$$

Dimana ϵ_{reff} adalah konstanta dielektrik relatif yang dihitung dengan Persamaan 4 (Maria, 2013).

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12h}{W}}} \right) \quad (4)$$

Dimana h merupakan tinggi substrat, dan ΔL adalah pertambahan panjang dari L yang dihitung dengan Persamaan 5 (Maria, 2013).

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_{reff} + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{reff} - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8 \right)} \quad (5)$$

Untuk mendapatkan dimensi dari substrat atau pun *ground plane* dapat dihitung menggunakan Persamaan 6 dan 7 (Zikri & Dirton, 2014).

$$L_g = 6h + L \quad (6)$$

$$W_g = 6h + W \quad (7)$$

Pada perancangan antena mikrostrip langkah pertama yang dilakukan yaitu menghitung dimensi antena meliputi panjang sisi *patch*-nya. Setelah di dapat dimensi dari antena, langkah selanjutnya adalah menghitung panjang dan lebar saluran pencatu. Pencatu yang digunakan dalam erancangan ini diharapkan mempunyai impedansi masukan sebesar 50Ω . Untuk memperoleh nilai impedansi 50Ω dilakukan perhitungan lebar saluran pencatu dengan menggunakan Persamaan 8 dan Persamaan 9 (Ikhyar, 2016).

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (8)$$

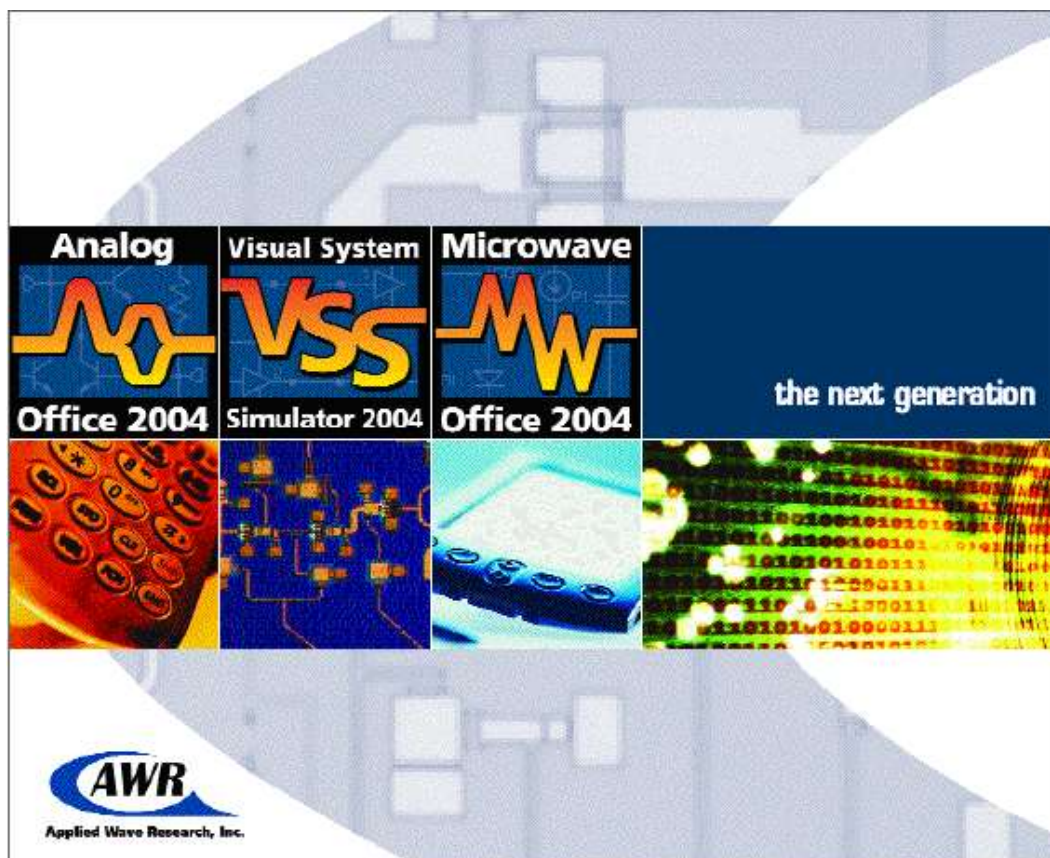
$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (9)$$

Sedangkan untuk panjang saluran pencatu (L) dengan satuan mm dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 10 dan Persamaan 11 (Ikhyar, 2016).

$$\lambda_g = \frac{c}{f\sqrt{\epsilon_r}} \times 1000 \text{ (mm)} \quad (10)$$

$$L = \frac{1}{4} \times \lambda_g \quad (11)$$

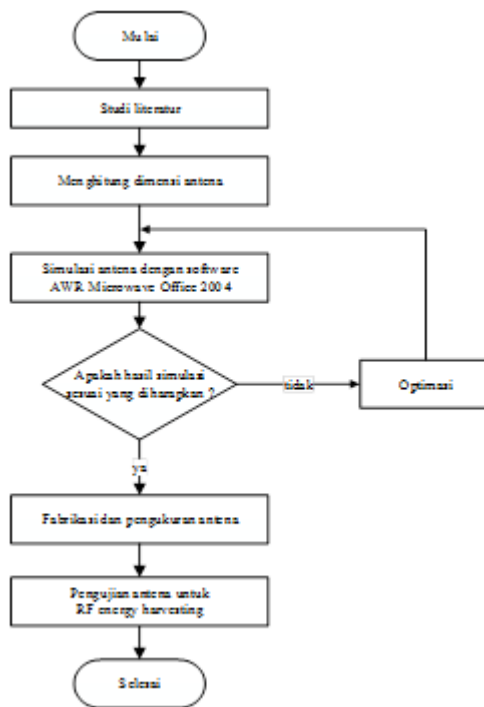
Adapun perangkat lunak yang digunakan adalah AWR (*Applied Wave Research*), yaitu perangkat lunak atau *software* yang merupakan gabungan dari *Microwave Office* dan *Office Analog* yang digunakan untuk menganalisis dan mendesain alat yang terintegrasi untuk RF, *microwave*, *millimeterwave*, analog, dan desain RFIC. *Microwave Office* dan *Office Analog* digunakan untuk merancang desain sirkuit kompleks terdiri dari linear, nonlinear, dan struktur EM, dan menghasilkan tata letak representasi dari hasil desain tersebut. Adapun metode komputasi yang digunakan dalam menganalisa antenna yang dirancang pada perangkat lunak ini adalah *Method of Moments (MoM)*. Dimana ide dasarnya adalah untuk mengubah suatu Persamaan integral atau diferensial ke dalam satu set Persamaan linear aljabar simultan (atau Persamaan *matriks*) yang kemudian dapat diselesaikan dengan teknik *numeric* (Ali, 2008). Berikut Gambar 4 menunjukkan tampilan simulator AWR.



Gambar 4. Tampilan Awal Simulator AWR *Microwave Office* 2004

Metode Penelitian

Perancangan antenna dilakukan menggunakan bantuan software AWR *Microwave Office* 2004. Langkah - langkah perancangan ditunjukkan dalam diagram alir pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Alir Perancangan Antena

Dari hasil perhitungan dimensi dengan menggunakan Persamaan matematis diperoleh nilai dimensi antenna mikrostrip. Tabel 1 menunjukkan dimensi antenna awal dan optimasi.

Tabel 1 Dimensi Antena Awal Dan Optimasi

Variabel	Dimensi awal (mm)	Dimensi optimasi (mm)
Lebar <i>patch</i>	43	43
Panjang <i>patch</i>	34	34
Lebar saluran pencatu ($Z = 50 \Omega$)	3	3
Lebar saluran pencatu ($Z = 70.7 \Omega$)	1,6	1,2
Lebar saluran pencatu ($Z = 100 \Omega$)	0,6	0,6
Panjang saluran pencatu	17	22
Lebar substrat/ <i>ground plane</i>	215	225
Panjang substrat	94	105
Panjang <i>ground plane</i>	94	21
Jarak <i>array</i>	11	13

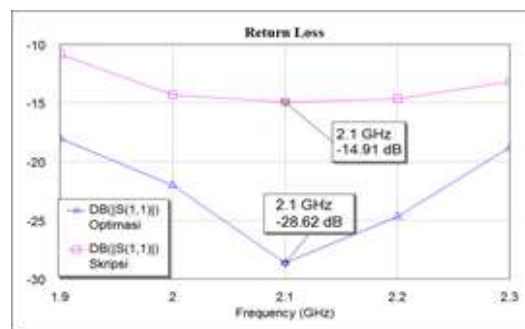
Lebar <i>patch</i>	43	43
Panjang <i>patch</i>	34	34
Lebar saluran pencatu (Z = 50 Ω)	3	3
Lebar saluran pencatu (Z = 70.7 Ω)	1,6	1,2
Lebar saluran pencatu (Z = 100 Ω)	0,6	0,6

Hasil

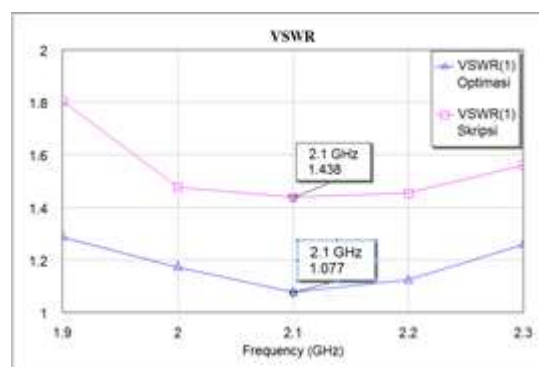
Pada bagian ini memaparkan hasil simulasi, fabrikasi, pengukuran karakteristik antenna menggunakan alat ukur VNA (*Vector Network Analyzer*) dan realisasi antenna untuk RF *energy harvesting*.

a. Hasil Simulasi

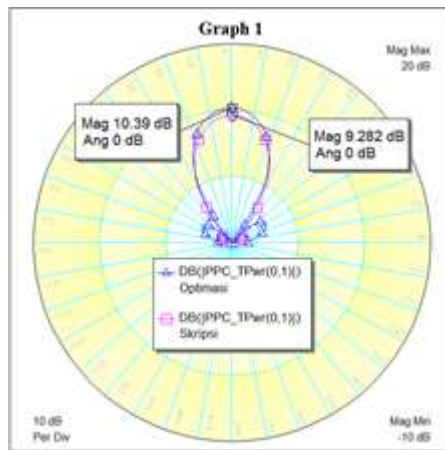
Setelah diperoleh rancangan antenna, maka antenna disimulasikan dengan simulator AWR *Microwave Office 2004* untuk mengetahui karakteristk dari rancangan antenna . Gambar 6 menunjukkan hasil simulasi rancangan awal dan setelah optimasi.



(a)



(b)



(c)

Gambar 6. Hasil Simulasi (a) *Return Loss*
(b) *VSWR* (c) *Gain*

Berdasarkan hasil simulasi terlihat bahwa rancangan antenna yang dioptimasi memiliki karakteristik yang lebih baik dibandingkan dengan rancangan awal.

b. Fabrikasi Antena

Setelah diperoleh rancangan antenna maka antenna dibangun. bahan substrat yang digunakan dalam fabrikasi antenna yaitu FR4 yang memiliki ketebalan 1,6 mm dan dielektrik 4,4. Gambar 7 menunjukkan hasil fabrikasi antenna.



Gambar 7. Fabrikasi Antena

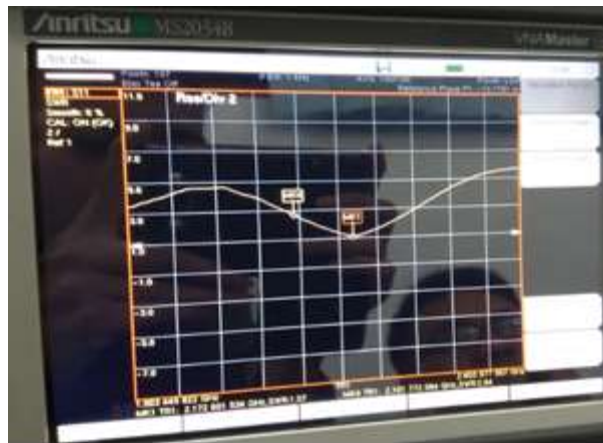
Pembahasan

a. Hasil Pengukuran

Antena yang telah difabrikasi kemudian diukur karakteristiknya. Gambar 8 menunjukkan hasil pengukuran antenna.



(a)



(b)

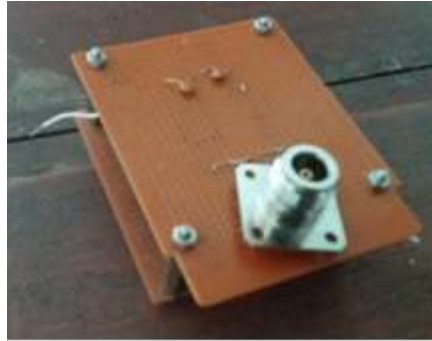
Gambar 8. Hasil Pengukuran Antena (a) *Return Loss* dan (b) *VSWR*

Berdasarkan simulasi dan pengukuran yang telah dilakukan terlihat perbedaan yang signifikan. Pada simulasi diperoleh nilai *return loss* dan *VSWR* yaitu -28,62 dB dan 1,077 pada frekuensi 2100 MHz, sedangkan pada pengukuran antena fabrikasi diperoleh nilai *return loss* dan *VSWR* yaitu -6,89 dB dan 2,64 pada frekuensi 2100 MHz. Namun nilai terbaik dari *return loss* dan *VSWR* dari antena yang diukur bergeser pada frekuensi 2170 MHz dengan nilai *return loss* dan *VSWR* sebesar -29,25 dan 1,07. Perbedaan hasil simulasi dan pengukuran dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu:

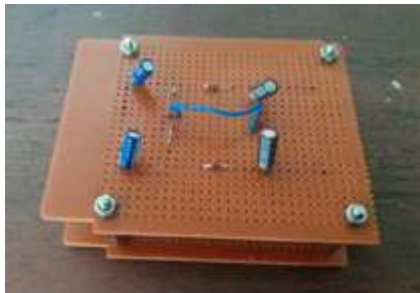
1. Pada simulator AWR tidak mem-perhitungkan kelembapan udara dan temperatur, namun pada saat pengukuran kelembapan udara dan temperatur berpengaruh terhadap propagasi gelombang dan resistansi udara.
2. Terdapat rugi – rugi pada *port* SMA yang disambungkan ke antena, *Adapter* dari *n - connector* ke konektor SMA, dan konektor pada VNA Anritsu MS2034B.

b. Implementasi Antena pada Sistem RF *Energy Harvesting*

Komponen pada sistem RF *energy harvesting* yang digunakan pada pengukuran yaitu rangkaian *matching impedance* dan *rectifier* yang ditunjukkan pada Gambar 9 dan 10.



Gambar 9. Rangkaian *Matching Impedance*



Gambar 10. Rangkaian *Rectifier*

Pengujian antenna pada sistem RF *energy harvesting* dilakukan pada 3 lokasi yaitu: Laboratorium Sistem Komunikasi Radio USU, Jalan Abdul Hakim dan Plaza Medan Fair Lantai 5. Gambar 11, 12 dan 13 menunjukkan hasil pengujian antenna pada sistem RF *energy harvesting* di 3 lokasi.



Gambar 11. Pengujian Antena di Laboratorium Sistem Komunikasi Radio



Gambar 12. Pengujian Antena di Jalan Abdul Hakim



Gambar 13. Pengujian Antena di Plaza Medan Fair Lantai 5

Dari pengujian antena pada sistem RF *energy harvesting* diperoleh tegangan yang dipanen sebesar 17 mV di Laboratorium Sistem Komunikasi Radio, 29 mV di Jalan Abdul Hakim dan 33 mV di Plaza Medan Fair .

Kesimpulan

Berdasarkan hasil fabrikasi dan implementasi antena diperoleh beberapa kesimpulan bahwa antena mikrostrip *array* telah berhasil dirancang dengan dimensi *patch* 34 x 43 mm. Antena yang difabrikasi memiliki nilai *return loss* dan VSWR terbaik yaitu -29,25 dB dan 1,07 pada frekuensi 2170 MHz. Antena yang diimplementasikan untuk sistem RF *energy harvesting* memanen tegangan output sebesar 17 mV di Laboratorium Sistem Komunikasi Radio, 29 mV di Jalan Abdul Hakim dan 33 mV di Plaza Medan Fair.

Referensi

Aida Rahim. (2013). Definition of Return Loss. What is Return Loss and Why Measure It, [Online]. Available: <http://lunainc.com/return-loss-measure-it/>

- Ali Hanafiah Rambe. (2008). Rancang bangunan antena mikrostrip *patch* segiempat planar array 4 elemen dengan pencatutan *aperture-coupled* untuk aplikasi CPE pada wimax. Tesis Teknik Elektro Universitas Indonesia.
- Alsager, Ahmed Fatthi. (2011). Design and Analysis of Microstrip Patch Antenna Arrays, Thesis, University College of Borås School of Engineering.
- Amin Ashiqul, Mohammad Shimanto and Raihan Rezaur. (2016). Design and Performance Analysis of a Multiband Microstrip Patch Antenna for GSM, WiMAX, WLAN, Walkie-Talkie and ATC Application. IEEE 5th International.
- Balanis, Constantine A. (2005). *Antenna Theory: Analysis and Design* 3rd Edition. US: John Wiley & Sons.
- Garg, R., Bhartia, P., Bahl, I., Ittipiboon, A. (2001). Microstrip Radiators Microstrip Antenna Design Handbook. Artech House, Inc, Boston, London.
- H. W. Lai, K. M. Mak, and K. F. Chan. (2014). Novel aperture-coupled microstrip-line feed for circularly polarized patch antenna. Progress In Electromagnetics Research, Vol. 144, 1-9.
- Herdani, Eden. (2014). Perancangan Antena Mikrostrip *Array Patch* Segitiga *Dual-Band* (2,4 Ghz Dan 3,3 Ghz) dengan *Stub* Pada Saluran Pencatu, Tugas Akhir, Universitas Sumatera Utara.
- Indra Surjati. (2010). Antena Mikrostrip: Konsep dan Aplikasinya, Jakarta. *Universitas Trisakti*.
- J. Eberspacher, H.-J. Voge. (2009). Protocols, GSM-Architecture, Protocols and Services, Third Edition. John Wiley & Sons, Ltd. pp. 121-179.
- Liu, W. C. and H.-J. Liu. (2007). Miniaturized asymmetrical CPW-FED meandered strip antenna for triple-band operation. Journal of Electromagnetic Waves and Applications, Vol. 21, No. 8, pp. 1089-1097.
- M. Alaydrus. (2011). Antena: Prinsip & Aplikasi. Graha Ilmu Yogyakarta.
- M. T. Islam, M. N. Shakib, and N. Misran. (2009). Broadband e-h shaped microstrip patch antenna for wireless systems. Progress In Electromagnetics Research. Vol. 98, 163-173.
- Mo on, Jung-Ick, Cho, In-Kui, Kim, Seong-Min, Yun, Jae-Hun, and Byun, Wo o-Jin. (2014). *Design Of Base Station Antenna For RF Energy Harvesting*, Radio Technology Research Department Electronics and Telecommunications Research Institute, Korea.
- Muhammad Fahrazal.(2008). Rancang Bangun Antena Mikrostrip Triple- Band Linear Array 4 Elemen untuk Aplikasi Wimax. Tesis Teknik Elektro Universitas Indonesia.
- Silalahi, Maria Natalia. (2013). Analisis Antena Mikrostrip Patch Segiempat Dengan Teknik Planar Array, Tugas Akhir, Universitas Sumatera Utara.
- Siregar, Ikhyar Abadi. (2016). Perancangan Antena *Microstrip Patch* Segi-empat Array 8x1 Untuk Aplikasi Sistem Komunikasi 60 GHz, Tugas Akhir, Universitas Sumatera Utara.
- Syah Alam. (2015). The Design and Realization of Quadtrilateral Array Triple Band Microstrip Antenna for WiMAX Application. Jurnal Teknik dan Ilmu Komputer. Vol. 04 No. 14.

- Tanzana Rahman. (2007). GSM Technology & Its Application in Bangladesh. Computer Science & Engineering Department, BRAC University, Bangladesh.
- Uli, Winny Friska. (2013). Rancang Bangun Patch Rectangular Antenna 2,4 GHz Dengan Metode Pencatuan EMC (Electromagnetically Coupled) , Tugas Akhir, Universitas Sumatera Utara.
- Zhang L., Y. C. Jiao, G. Zhao, Y. Song, X. M. Wang, and F.-S. Zhang. (2008). A novel CPW-FED monopole antenna for multiband operation. *Journal of Electromagnetic Waves and Applications*, Vol. 22, No. 5-6, pp. 741-747.
- Zikri Parubak, Dirton. (2014). Rancang Bangun Antena Penyearah (*Rectifier Antenna*) untuk Pemanen Energi Elektromagnetik Pada Frekuensi GSM 1800 MHz, *Jurnal Skripsi*, Universitas Brawijaya.
- Zikri, Aufar, dkk. (2016). Desain dan Implementasi Antena Mikrostrip *Single Rectangular Patch* pada *Band* Frekuensi 1920-2180 MHz untuk Pemanen Energi Gelombang Elektromagnetik, *Jurnal ELEMENTER*. Vol. 2, No. 2