



Antena Mikrostrip Ultrawideband Monopole Patch Segitiga Untuk Aplikasi RF Power Harvesting Pita Frekuensi 1700-2500 MHz

Rizadi Sasmita Darwis¹, M. Yanuar Hariyawan² dan Arie Setiawan³

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

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

³ Research Center for Electronics and Telecommunication-LIPI, email: arie.setiawan@lipi.go.id

Abstrak

Semakin banyaknya perangkat-perangkat bergerak yang diaplikasikan pada berbagai bidang saat ini menuntut adanya catu daya yang portabel dan tidak tergantung pada catu dari jala-jala listrik. Teknik energy harvesting muncul sebagai sumber energi ramah lingkungan, yang menjadi alternatif bagi sumber energi yang ada. Antena merupakan suatu bagian penting dalam membangun sistem RF power harvesting. Antena memiliki peranan merubah gelombang elektromagnetik tidak terbimbing menjadi gelombang elektromagnetik terbimbing, kemudian dapat diteruskan ke rangkaian rectifier hingga menghasilkan tegangan DC sebagai sumber energi. Pada penelitian ini dilakukan perancangan dan pembuatan antena mikrostrip broadband monopole untuk aplikasi RF power harvesting pada band frekuensi GSM 1800 MHz, 2100 MHz serta WIFI 2400 MHz. Antena mikrostrip dirancang menggunakan patch segitiga. Hasil simulasi menunjukkan band frekuensi operasi berdasarkan grafik return loss < -10 dB pada 1,13 GHz – 2,66 GHz dengan bandwidth 80,73 %. Hasil implementasi dan pengukuran diperoleh band frekuensi antena bekerja untuk syarat return loss < -10 dB pada 1,09 GHz-2,54 GHz dengan bandwidth 79,88%. Polaradiasi antena hasil pabrikan menggambarkan direksional dengan gain pengukuran pada frekuensi 2.1 GHz sebesar 4.77 dB dan frekuensi 2.4 GHz sebesar 5.09 dB. Tegangan keluaran sistem power harvesting sebesar 600.5 mV diperoleh dalam waktu 60 menit.

Kata kunci: RF power harvesting, antena mikrostrip

Abstract

Increasing number of mobile devices that are applied in various fields today requires a power supply that is portable and does not depend on supply from the electricity resources. Technique of energy harvesting appear as a source of energy environmentally friendly, which is an alternative to existing energy sources. Antenna is an important part in build an RF power harvesting. Antenna having the role of change unguided electromagnetic waves into guided electromagnetic waves, then can be passed on to a rectifier to producing a DC voltage as a source of energy. In the study is done design and making broadband monopole microstrip antenna to the application of RF power harvesting in GSM band frequency at 1800 MHz, 2100 MHz and 2400 MHz (WIFI). Microstrip antenna designed using triangular patches. The simulation results show band of frequencies operation based on a return loss less than -10 db is on 1,13 GHz to 2,66 GHz with bandwidth 80,73 %. The implementation and measurement obtained band of frequencies antenna work for the return loss less than -10 db on 1,09 GHz to

2,54 GHz with bandwidth 79,88 %. Polaradiation of measurement is directional, with gain on 2.1 GHz is 4.77 dB and 2.4 GHz is 5.09 dB. An output voltage of power harvesting system is 600.5 mV obtained within 60 minutes measurements.

Keywords: RF power harvesting, microstrip antenna

1. Pendahuluan

Penggunaan energi listrik alternatif belakangan ini merupakan isu paling populer. Hal ini diakibatkan oleh masih kurangnya sumber daya alam sebagai bahan utama untuk menghasilkan suatu energi listrik. Beberapa pembangkit energi listrik dari alam seperti solar, air, angin, *photovoltaic* (PV), *piezoelectric*, *thermoelectric*, serta energi *radio frequency* (RF) [1]–[15]. Banyaknya penggunaan pemancar televisi, radio, telepon selular, dan WIFI khususnya di Indonesia membuat suatu alternatif baru dalam pemanfaatan energi gelombang RF sebagai alternatif dalam menghasilkan energi listrik (*RF power harvesting*). Hasil pengukuran spektrum frekuensi di Pekanbaru menunjukkan level daya tertinggi yaitu -19.73 dBm pada frekuensi 2192.85 MHz di lokasi pusat perbelanjaan. Hasil lainnya menunjukkan daya terukur -36.69 dBm pada frekuensi 2131 MHz. Untuk mengubah energi gelombang RF dibutuhkan suatu alat berupa antena. Berbagai macam antena mikrostrip digunakan *RF energy harvesting*. *Dual frequency and dual polarization printed antenna* untuk aplikasi pita frekuensi GSM 900 MHz dan ISM 2.45 GHz telah diteliti oleh W. Haboubi dkk [16]. Sistem *RF power harvesting dual band* ini hanya dibuat pada frekuensi 900 MHz dan 2.4 GHz dan belum mengaplikasikan *RF power harvesting* pada frekuensi seluler 1800 dan 2100 MHz. Penelitian kedua yang diteliti oleh J. Jung dkk, *small microstrip-fed monopole antenna* dirancang untuk sistem *RF energy harvesting* yang beroperasi pada pita frekuensi 3.1 sampai dengan 11 GHz [17]. Penelitian ini menggunakan antena UWB yang beroperasi pada rentang frekuensi 3.1 – 11 GHz.

Dari hasil data pengukuran spektrum frekuensi di wilayah penulis dan beberapa penelitian di atas. Diajukan suatu penelitian perancangan dan pembuatan antena mikrostrip *ultrawideband* pita frekuensi 1700 MHz s/d 2500 MHz, yang diaplikasikan pada pita frekuensi GSM 1800 MHz, 2100 MHz serta pita frekuensi WIFI 2400 MHz. Antena mikrostrip dirancang menggunakan *patch triangular*. Substrat yang digunakan untuk membuat antena adalah RT Duroid 5880 dengan nilai permitivitas relatif bahan dielektrik 2,2.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Antena Ultra-wideband

Antena dengan *bandwidth* frekuensi kerja yang lebih besar dari 20% dari frekuensi resonansi disebut dengan *ultra-wideband* antena [9]. *Bandwidth* relatif dapat dihitung menggunakan persamaan 1.

$$BW_r = \frac{2(f_h - f_l)}{f_h + f_l} \quad (1)$$

dimana:

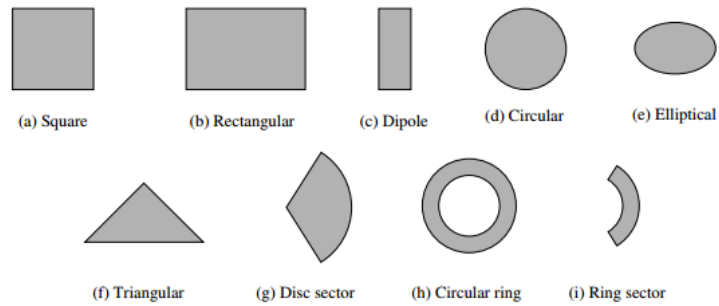
BW_r : bandwidth relatif (Hz)

f_h : frekuensi atas (Hz)

f_l : frekuensi bawah (Hz)

2.2 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip merupakan antena *low-profile*, *simple*, pabrikan murah menggunakan teknologi *printed-circuit*, bentuk *patch* dapat dipilih sesuai keinginan, serta sangat fleksibel dalam hal frekuensi resonansi, polarisasi, polaradiasi, dan impedansi antena [18]. Bentuk *patch* dasar diantaranya *square*, *rectangular*, *circular*, *triangular*, *circular ring*, ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bentuk elemen *patch* antena mikrostrip

Patch berbentuk segitiga sama sisi memiliki nilai frekuensi resonansi pada *mode* TM_{mn} dapat dihitung menggunakan persamaan 2. Untuk menghitung panjang sisi *patch* segitiga sama sisi untuk *mode* TM_{01} menggunakan persamaan 3 dan persamaan 4 [19].

$$f_{r,mn} = \frac{2c}{3a\sqrt{\epsilon_r\mu_{eff}}}(n^2 + nm + m)^{1/2} \quad (2)$$

$$f_r = \frac{2c}{3a\sqrt{\epsilon_r}} \quad (3)$$

$$a = \frac{2c}{3f_r\sqrt{\epsilon_r}} \quad (4)$$

$$a_{eff} = a + h(\epsilon_r)^{1/2} \quad (5)$$

dimana:

f_r : frekuensi resonansi (*Hz*)

ϵ_r : konstanta dielektrik bahan

μ_{eff} : permeabilitas efektif

a : panjang sisi segitiga sama sisi (*m*)

c : kecepatan cahaya dalam ruang hampa (3×10^8 *m/s*)

a_{eff} : panjang sisi segitiga efektif (*m*)

h : ketebalan substrat mikrostrip (*m*)

3. Perancangan Sistem

3.1 Perancangan Antena

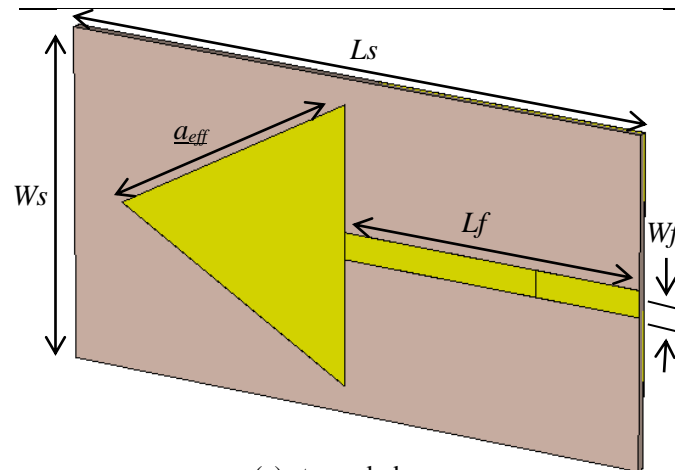
Parameter awal rancangan antena mikrostrip dengan *patch* segitiga ditunjukkan pada Tabel 1. Berdasarkan parameter rancangan antena mikrostrip pada Tabel 1, diketahui nilai $f_r =$

1,8 GHz, $c = 3 \times 10^8$ m/s, $\epsilon_r = 2,2$, ketebalan substrat (h) = 1,58 mm. dengan mensubstitusi nilai tersebut pada rumus perhitungan panjang sisi segitiga sama sisi persamaan 4 diperoleh panjang sisi segitiga (a) adalah 64,2 mm. dengan mensubstitusi nilai sisi segitiga (a) pada persamaan 5 diperoleh nilai panjang sisi segitiga efektif relatif terhadap permitifitas relatif (a_{eff}) = 64,31 mm.

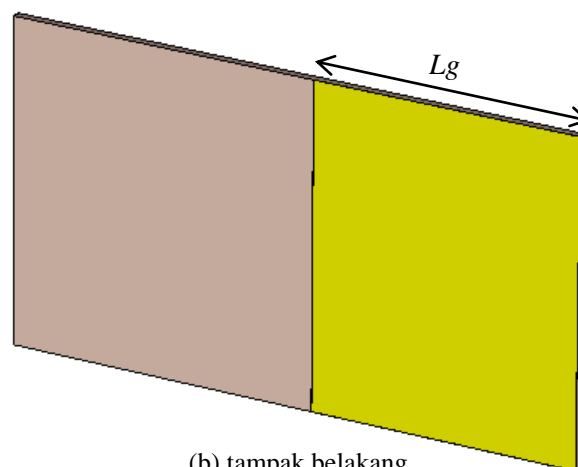
Setelah dilakukan simulasi dan optimasi diperoleh dimensi antenna mikrostrip *ultra-wideband patch* segitiga seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Detail dimensi antenna optimasi ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Parameter rancangan antenna

Parameter	Keterangan
Frekuensi Kerja Antena	1,7 GHz – 2,5 GHz
Frekuensi Resonansi	2,1 GHz
Gain	> 3 dB
Jenis Substrat	Rogers RT-5880
Konstanta Dielektrik (ϵ_r)	2,2
Ketebalan Substrat	1,58 mm
Ketebalan <i>Copper Cladding</i>	35 μ m



(a) tampak depan

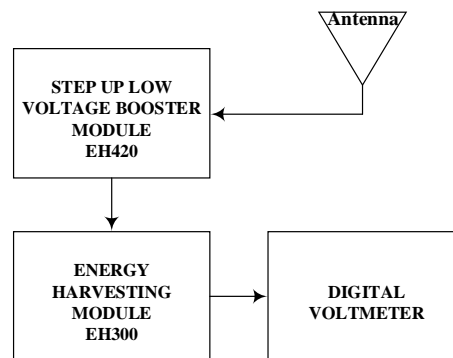


(b) tampak belakang

Gambar 2. Antena mikrostrip hasil optimasi

Tabel 2. Dimensi antena hasil optimasi

Keterangan	Dimensi
a_{eff}	67.52 mm
L_s	111.11 mm
W_s	60.48 mm
L_f	57.47 mm
W_f	4.90 mm
L_g	51.07 mm

Gambar 3. Rancangan sistem *power harvesting*

Hasil perhitungan dan hasil optimasi memiliki perbedaan dimensi sisi *patch* segitiga yang cukup besar. Dari perhitungan didapatkan $a_{eff} = 64,31$ mm, sedangkan dari hasil optimasi simulasi didapatkan nilai $a_{eff} = 67,52$ mm. Dimensi segi tiga perancangan lebih panjang 3,21 mm saat dilakukan simulasi.

3.2 Perancangan Power Harvesting

Sistem *power harvesting* menggunakan modul EH4205 sebagai *step up voltage booster* dan modul EH300 sebagai *power harvesting* modul. Modul EH4205 digunakan untuk menguatkan tegangan dan modul EH300 digunakan sebagai *rectifier* dan penyimpanan energi listrik menggunakan kapasitor. Disain sistem *power harvesting* pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Simulasi Antena

Parameter antena yang diuji dari hasil simulasi adalah parameter *return loss*, VSWR, dan polarisasi. grafik *return loss* antena hasil simulasi ditunjukkan pada Gambar 4.

Bandwidth antena hasil simulasi dilihat dari grafik *return loss* dengan nilai $S_{11} < -10$ dB. Berdasarkan Gambar 4 diperoleh *bandwidth* antena dari frekuensi 1,13 GHz – 2,66 GHz. Nilai persen BW dari perhitungan diperoleh sebesar 80,73 %. Berdasarkan hasil simulasi

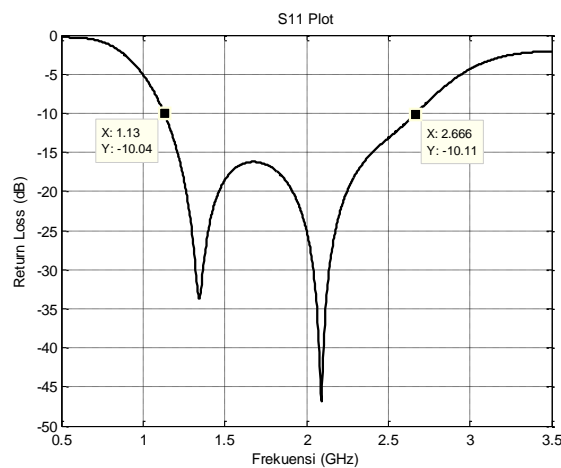
diperoleh *bandwidth* antenna lebih dari 20 % f_c , sehingga antenna merupakan jenis antenna *ultrawideband* dengan $BW > 20\%$.

$$BW_r = \frac{2(2.66 \text{ GHz} - 1.13 \text{ GHz})}{2.66 \text{ GHz} + 1.13 \text{ GHz}} \times 100\% = 80.73\%$$

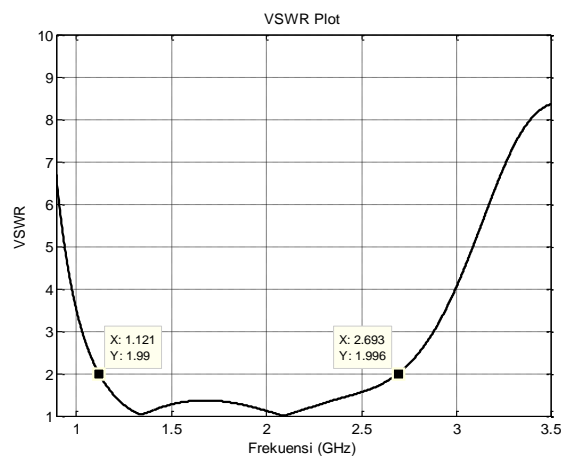
VSWR hasil simulasi ditunjukkan pada Gambar 5. Hasil simulasi menunjukkan bahwa *bandwidth* antenna ketika $VSWR < 2$ pada rentang frekuensi 1,12 GHz sampai dengan 2,69 GHz. Dimana %BW terhadap nilai $VSWR < 2$ adalah 82,41 %.

$$BW_r = \frac{2(2.69 \text{ GHz} - 1.12 \text{ GHz})}{2.69 \text{ GHz} + 1.12 \text{ GHz}} \times 100\% = 82.41\%$$

Bandwidth yang didapat saat pengukuran *return loss* berbeda dengan VSWR hasil simulasi, hal ini disebabkan *return loss* -10 dB setara dengan VSWR 1,925. Gambar 5 menunjukkan bahwa *bandwidth* yang terukur sewaktu pengukuran VSWR lebih besar dibandingkan dengan *bandwidth* yang terukur sewaktu pengujian *return loss* (Gambar 4). Rentang frekuensi kerja antenna hasil simulasi sebesar 1,13 GHz – 2,66 GHz, hasil simulasi ini sesuai dengan perancangan yaitu 1,7 GHz – 2,5 GHz.



Gambar 4. Grafik *return loss* hasil simulasi



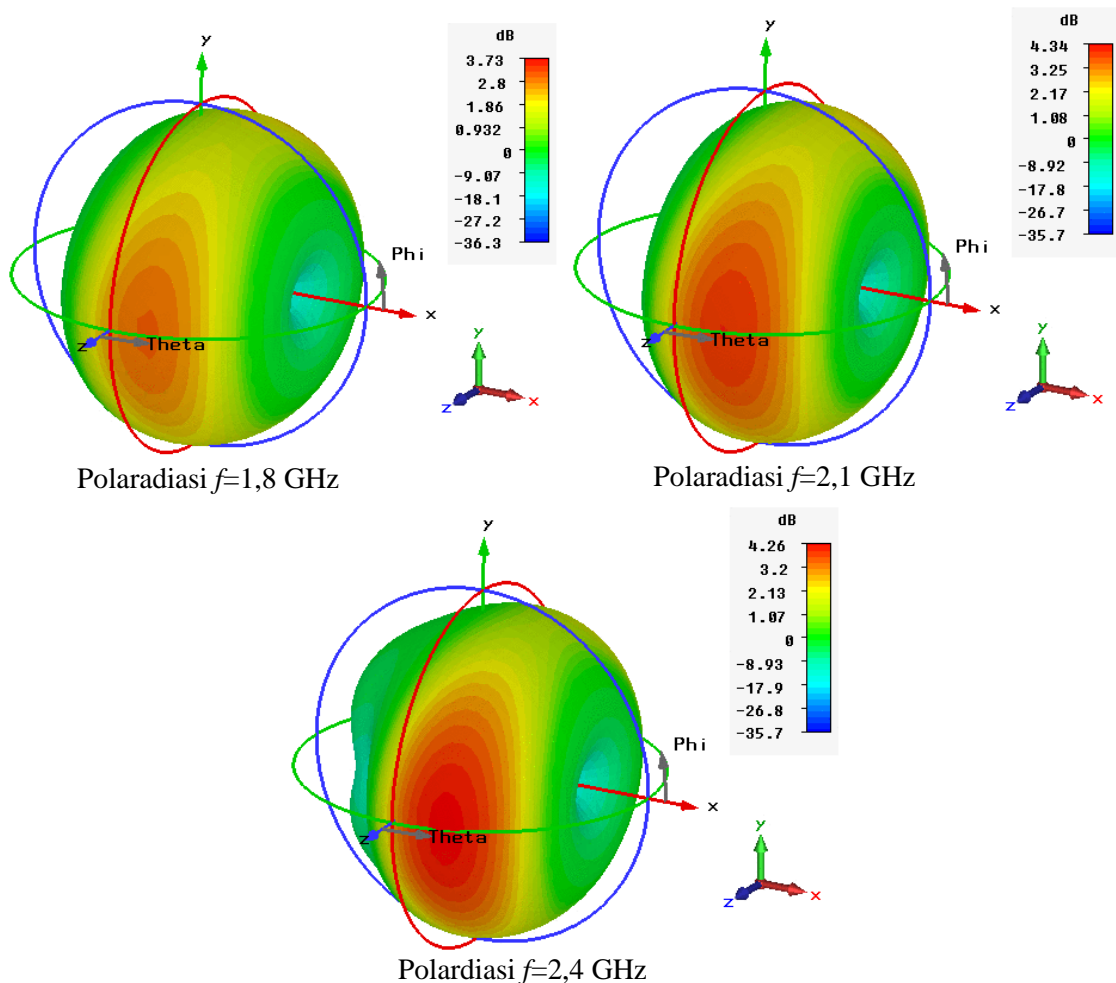
Gambar 5. Grafik VSWR hasil simulasi

Gain antenna dan pola radiasi antenna hasil simulasi ditunjukkan pada Gambar 6. *Gain* dan pola radiasi diamati pada frekuensi 1,8 GHz, 2,1 GHz dan 2,4 GHz. *Gain* antenna maksimum pada frekuensi 1,8 GHz, 2,1 GHz dan 2,4 GHz sebesar 3,73 dB, 4,34 dB, dan 4,26 dB. Antena hasil simulasi memiliki pola radiasi berbentuk omni direksional.

4.2 Hasil Pengukuran Antena

Saat hasil simulasi antenna sesuai dengan kriteria desain, maka dilakukan proses pabrikasi. Antena hasil pabrikasi ditunjukkan pada Gambar 7. Pengukuran *return loss* dan VSWR antenna pabrikasi menggunakan *network analyzer*. Saat pengukuran *return loss*, *bandwidth* antenna didapatkan pada rentang frekuensi 1,09 GHz – 2,54 GHz untuk *return loss* < -10 dB. Hasil pengukuran tersebut dibandingkan dengan hasil simulasi seperti ditunjukkan pada Gambar 8.

Gambar 8 menunjukkan *return loss* antenna hasil pengukuran. *Return loss* minimum hasil pengukuran terletak pada frekuensi 2,11 GHz dengan nilai -63,39 dB. Nilai *return loss* untuk masing-masing pita frekuensi 1,8 GHz, 2,1 GHz, dan 2,4 GHz adalah -22,96 dB, -30,02 dB, dan -16,02 dB dimana nilai *return loss* tersebut < -10 dB. %BW dari grafik *return loss* hasil pengukuran adalah 79,88%, BW tersebut memenuhi kriteria antenna *ultra-wideband* BW > 20%.

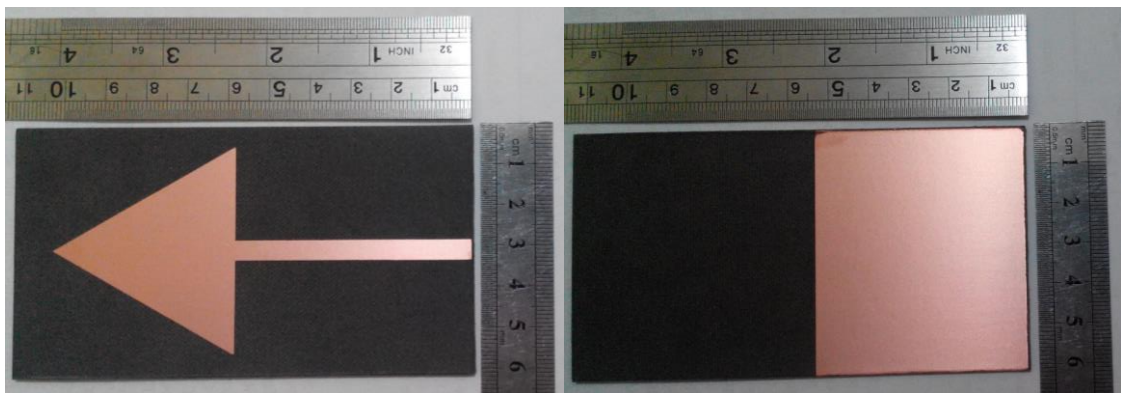


Gambar 6. Gain dan polaradiasi antenna hasil simulasi

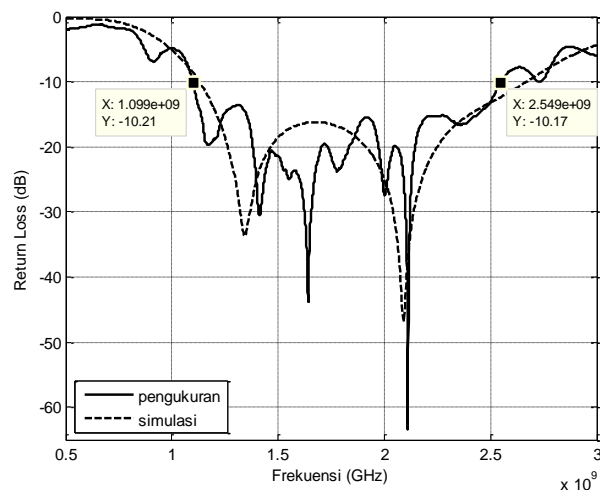
Gambar 9 menunjukkan VSWR hasil pengukuran. Pada saat $VSWR < 2$ didapatkan rentang frekuensi kerja antenna pada 1,095 GHz sampai dengan 2,563 GHz. VSWR pada frekuensi 1,8 GHz, 2,1 GHz, dan 2,4 GHz adalah 1,155, 1,065, dan 1,373. Berdasarkan Gambar 9 antenna hasil pabrikasi didapatkan %BW sebesar 80,54%.

Polaradiasi antenna hasil pengukuran memiliki pola direksional. Polaradiasi direksional dari pengukuran dapat dilihat pada Gambar 10 dan Gambar 11. Polaradiasi hasil pengukuran dan hasil simulasi diperoleh berbeda. Polaradiasi hasil simulasi berbentuk omni direksional sedangkan hasil pengukuran polaradiasi berbentuk direksional.

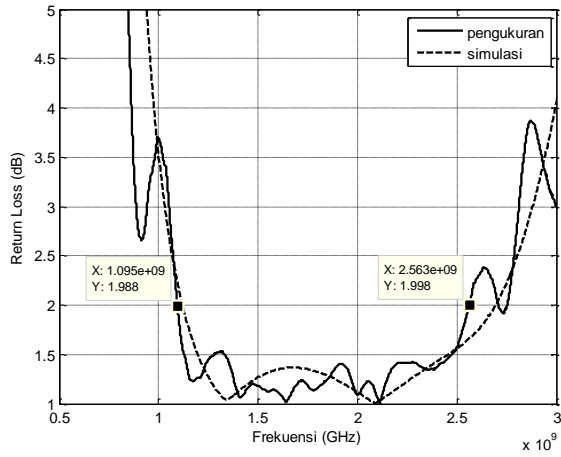
Gain antenna hasil pengukuran pada frekuensi 2,1 GHz sebesar 4,77 dB dan pada frekuensi 2,4 GHz diperoleh *gain* sebesar 5,09 dB. *Gain* antenna hasil pengukuran memiliki nilai yang lebih baik dari pada *gain* antenna hasil simulasi yaitu 4,34 dB pada frekuensi 2,1 GHz, dan 4,26 dB pada frekuensi 2,4 GHz.



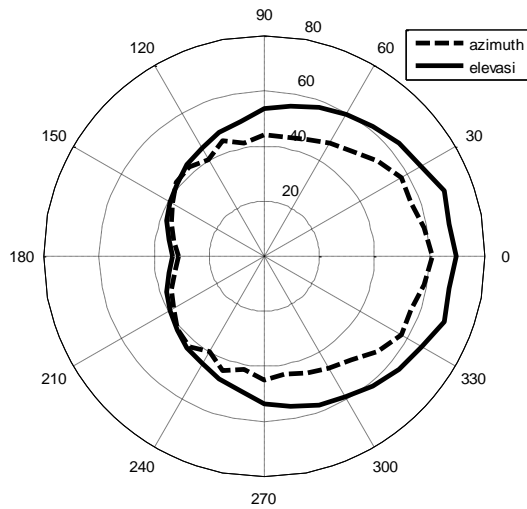
Gambar 7. Antena hasil pabrikasi



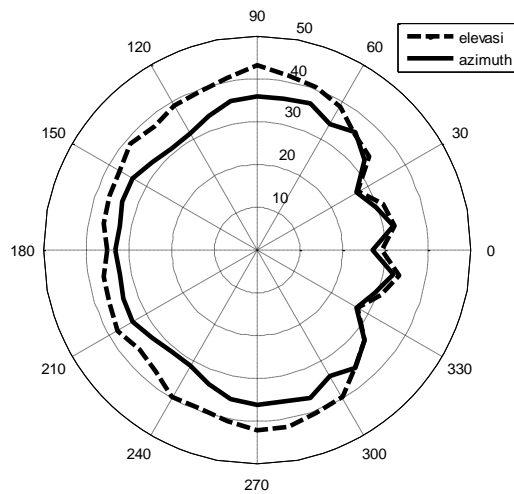
Gambar 8. Return loss antenna hasil pengukuran



Gambar 9. VSWR antenna hasil pengukuran



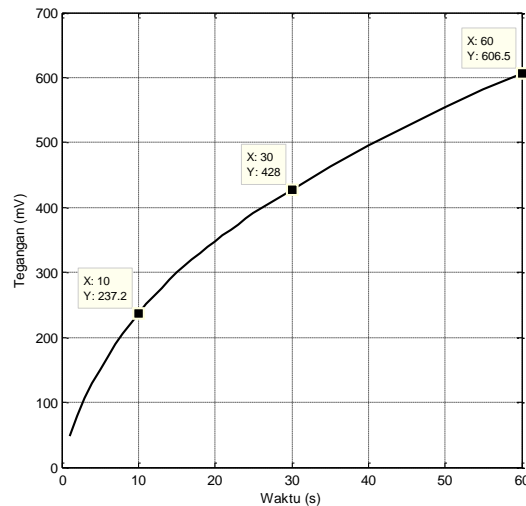
Gambar 10. Polaradiasi antenna hasil pengukuran pada frekuensi 2.1 GHz



Gambar 11. Polaradiasi antenna hasil pengukuran pada frekuensi 2.4 GHz

4.3 Pengujian Sistem RF *Power Harvesting*

Hasil pengukuran tegangan dari sistem *power harvesting* terhadap waktu ditunjukkan pada Gambar 12. Setelah dilakukan pengukuran selama 60 menit, terukur tegangan hasil pengukuran 606.5 mV. Hasil pengukuran tegangan meningkat terhadap waktu. Meningkatnya tegangan dikarenakan adanya kapasitor 1000 μ F/6,3V pada modul EH300.



Gambar 12. Tegangan hasil pengukuran dari sistem *power harvesting*

5. Kesimpulan

Hasil simulasi antenna mikrostrip *ultra-wideband* menunjukkan *bandwidth* kerja antenna sebesar 80,73%, sedangkan *bandwidth* kerja antenna hasil pengukuran adalah sebesar 76,83%. Nilai %BW tersebut lebih besar dari syarat antenna UWB > 20% BW. Antenna hasil pabrikasi dapat digunakan pada range frekuensi 1,09 GHz hingga 2,54 GHz. Gain hasil pengukuran pada frekuensi 2,1 GHz adalah 4,77 dB dan pada frekuensi 2.4 GHz adalah 5,09 dB. Tegangan hasil pengukuran saat waktu 60 menit adalah sebesar 606,5mV. Tegangan hasil pengukuran naik terhadap perubahan waktu, hal ini dikarenakan terdapat kapasitor diujung modul *rectifier* sebesar 1000 μ F/6,3V.

Daftar Pustaka

- [1] T. Sogorb, J. V. Llario, J. Pelegr??, R. Lajara, and J. Alberola, "Studying the feasibility of energy harvesting from broadcast RF station for WSN," *Conf. Rec. - IEEE Instrum. Meas. Technol. Conf.*, pp. 1360–1363, 2008.
- [2] D. Brunelli, C. Moser, L. Thiele, and L. Benini, "Design of a Solar Harvesting Circuit for Battery-less Embedded Systems," *IEEE Trans. Circuits Syst. I Regul. Pap.*, vol. 56, no. 11, pp. 2519–2528, 2009.
- [3] D. M. Rowe and G. Min, "Design theory of thermoelectric modules for electrical power generation," *IEE Proc. - Sci. Meas. Technol.*, vol. 143, no. 6, p. 351, 1996.
- [4] G. K. Ottman, H. F. Hofmann, A. C. Bhatt, and G. A. Lesieutre, "Adaptive piezoelectric energy harvesting circuit for wireless remote power supply," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 17, no. 5, pp. 669–676, 2002.
- [5] Y. R. Chiu, C. H. Liaw, C. Y. Hu, Y. L. Tsai, and H. H. Chang, "Applying GIS-based rainwater harvesting design system in the water-energy conservation scheme for large

- cities,” *Proc. 2009 13th Int. Conf. Comput. Support. Coop. Work Des. CSCWD 2009*, pp. 722–727, 2009.
- [6] H. Jabbar, S. Member, Y. S. S. Member, T. T. T. Jeong, and Y. S. Song, “1 and Circuits for Charging RF Energy Harvesting System of Mobile Devices,” *IEEE Trans. Consum. Electron.*, vol. 56, pp. 247–253, 2010.
- [7] S. Kitazawa, H. Ban, and K. Kobayashi, “Energy harvesting from ambient RF sources,” *2012 IEEE MTT-S Int. Microw. Work. Ser. Innov. Wirel. Power Transm. Technol. Syst. Appl. IMWS-IWPT 2012 - Proc.*, pp. 39–42, 2012.
- [8] A. Cammarano, C. Petrioli, and D. Spenza, “Pro-Energy: A novel energy prediction model for solar and wind energy-harvesting wireless sensor networks,” *MASS 2012 - 9th IEEE Int. Conf. Mob. Ad-Hoc Sens. Syst.*, pp. 75–83, 2012.
- [9] S. D. Assimonis, S. N. Daskalakis, and A. Bletsas, “Efficient RF harvesting for low-power input with low-cost lossy substrate rectenna grid,” *2014 IEEE RFID Technol. Appl. Conf. RFID-TA 2014*, pp. 1–6, 2014.
- [10] J. Jose, S. George, L. Bosco, J. Bhandari, F. Fernandes, and A. Kotrashetti, “A review of RF energy harvesting systems in India,” *2015 Int. Conf. Technol. Sustain. Dev.*, pp. 1–4, 2015.
- [11] G. Perotto, S. Keyrouz, and H. J. Visser, “Frequency selective surface for radio frequency energy harvesting applications,” *IET Microwaves, Antenas Propag.*, vol. 8, no. October 2013, pp. 523–531, 2014.
- [12] U. Olgun, C. C. Chen, and J. L. Volakis, “Efficient ambient WiFi energy harvesting technology and its applications,” *IEEE Antenas Propag. Soc. AP-S Int. Symp.*, pp. 2–3, 2012.
- [13] P. Nintanavongsa, M. Y. Naderi, and K. R. Chowdhury, “A dual-band wireless energy transfer protocol for heterogeneous sensor networks powered by RF energy harvesting,” *2013 Int. Comput. Sci. Eng. Conf.*, pp. 387–392, 2013.
- [14] Z. W. Sim, R. Shuttleworth, and B. Grieve, “Investigation of PCB microstrip patch receiving antenna for outdoor RF energy harvesting in wireless sensor networks,” *Loughbrgh. Antenas Propag. Conf. LAPC 2009 - Conf. Proc.*, no. November, pp. 129–132, 2009.
- [15] M. Arrawatia, M. S. Baghini, S. Member, and G. Kumar, “Differential Microstrip Antenna for RF Energy Harvesting,” vol. 63, no. 4, pp. 1581–1588, 2015.
- [16] W. Haboubi, H. Takhedmit, O. Picon, and L. Cirio, “A GSM-900 MHz and WiFi-2.45 GHz dual-polarized, dual-frequency antenna dedicated to RF energy harvesting applications,” vol. 68, pp. 3959–3961, 2013.
- [17] J. Jung, W. Choi, and J. Choi, “A small wideband microstrip-fed monopole antenna,” *IEEE Microw. Wirel. Components ...*, vol. 15, no. 10, pp. 703–705, 2005.
- [18] C. A. Balanis, *Antena Theory Analysis and Design*. 2005.

- [19] M. Darsono, "Perancangan Antena Mikrostrip Patch Segitiga Polarisasi Lingkaran Untuk Aplikasi Global Positioning Service (GPS) pada Satelit Mikro Lapan- Tubsat," *J. Sains dan Teknol. EMAS*, vol. 18, 2008.