

RECTIFIER ANTENNA (RECTENNA) PADA FREKUENSI KERJA 470 - 770 MHz UNTUK RF ENERGY HARVESTING

RECTIFIER ANTENNA (RECTENNA) IN DTV WORK FREQUENCY 470 - 770 MHz FOR RF ENERGY HARVESTING

Luthfie Hadie Nugraha¹, Dr. Levy Olivia Nur, ST. MT², Zulfi, ST.MT³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹luthfiehadie@student.telkomuniversity.ac.id, ²levyolivia@telkomuniversity.ac.id,

³zulfitelu@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Hal yang saat ini sedang banyak diteliti oleh para ilmuwan yaitu dengan membuat suatu sumber energi yang ramah lingkungan dan efisien untuk memenuhi kebutuhan energi. Ini dilakukan agar ketersediaan energi dapat dipenuhi tanpa mengabaikan kondisi lingkungan sekitar. Salah satu yang saat ini sedang banyak diteliti adalah tentang *Energy Harvesting*. Dengan semakin dibutuhkannya sumber energi yang ramah lingkungan, maka salah satu cara yang perlu dicoba adalah dengan menciptakan beberapa alat pemanen energi (*energy harvesting*).

Penelitian ini merancang dan merealisasikan sistem *RF energy harvesting* (EH) menggunakan *rectifier antenna* (*rectenna*) pada frekuensi kerja 470 -770 MHz. Dalam proses perancangan dan pembuatan *rectenna* ini dilakukan simulasi dengan menggunakan *software* untuk mengetahui kinerja dan tegangan DC yang dihasilkan dari *rectifier* dan mengetahui kinerja antenna. Rangkaian *rectifier* yang digunakan dalam *rectenna* ini adalah *Double diode rectifier* (*Voltage Doubler*) menggunakan Dioda Schottky tipe HSMS-2820. Sedangkan untuk Antena yang dirancang merupakan antenna microstrip vivaldi berjenis *tapered slot* dan dapat beroperasi pada frekuensi kerja 470 -770 MHz. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah pada realisasi *rectenna* saat frekuensi 620 MHz *voltage* DC yang dihasilkan adalah 1,396 V dengan efisiensi 48,72, sedangkan pada realisasi *rectenna* saat frekuensi 770 MHz *voltage* DC yang dihasilkan adalah 2,578 V dengan efisiensi 97,30 %.

Kata Kunci: Antena vivaldi, *conversion efficiency*, DTV, dioda Schottky, *energy harvesting*, *rectifier*, *rectenna*, *voltage doubler*.

Abstract

What is currently being researched by scientists is to create an energy source that is environmentally friendly and efficient to meet energy needs. This is done so that the availability of energy can be met without ignoring the conditions of the surrounding environment. One that is currently being widely studied is about *Energy Harvesting*. With the need for more environmentally friendly energy sources, one way to try is to create several energy harvesting devices.

This study designed and realized an *RF energy harvesting* (EH) system using a *rectifier antenna* (*rectenna*) at the working frequency of 470-770 MHz. In the process of designing and manufacturing *rectenna* is simulated using *software* to determine the performance and DC voltage generated from the *rectifier* and determine the performance of the antenna. The *rectifier* circuit used in this *rectenna* is a *Double diode rectifier* (*Voltage Doubler*) using a *Schottky Diode* type HSMS-2820. Whereas the antenna designed is a *tapered slot* type microstrip antenna and can operate on working frequency 470-770 MHz.

The results obtained from this study are the realization of *rectenna* when the generated 620 MHz DC voltage frequency is 1,396 V with an efficiency of 48.72%. Whereas in the realization of *rectenna* when the frequency of 770 MHz the generated DC voltage is 2.578 V with an efficiency of 97.30%.

Keywords : Antena vivaldi, *conversion efficiency*, DTV, diode Schottky, *energy harvesting*, *rectifier*, *rectenna*, *voltage doubler*.

1. Pendahuluan

Pada saat ini masalah besar yang sedang dialami oleh manusia diseluruh dunia adalah krisis energi, tidak terkecuali di Indonesia. Krisis energi adalah kekurangan persediaan sumber daya energi dibandingkan dengan energi yang dibutuhkan oleh masyarakat. Pada kasus ini krisis energi yang dimaksud adalah kurangnya ketersediaan listrik, minyak bumi, atau sumber daya alam lainnya. Untuk ketersediaan pasokan energi listrik di Indonesia saat ini kita masih bertumpu Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD), Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG), dan Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG). Dengan banyaknya pembangkit listrik tersebut, pasokan listrik di Indonesia cukup membantu meringankan kebutuhan energi di Indonesia. Tetapi mayoritas dari pembangkit listrik tersebut menimbulkan masalah lain seperti pencemaran lingkungan.

Hal yang saat ini sedang banyak diteliti oleh para ilmuwan yaitu dengan membuat suatu sumber energi yang ramah lingkungan dan efisien untuk memenuhi kebutuhan energi. Ini dilakukan agar ketersediaan energi dapat dilakukan tanpa mengabaikan kondisi lingkungan sekitar. Salah satu yang saat ini sedang banyak diteliti adalah tentang *Energy Harvesting*. Dengan semakin dibutuhkannya sumber energi yang ramah lingkungan, maka salah satu cara yang perlu dicoba adalah dengan menciptakan beberapa alat pemanen energi (*energy harvesting*) [1].

Energy harvesting (EH) atau pemanenan energi adalah proses dimana energi berasal dari sumber eksternal seperti surya atau matahari, panas, energi RF (radio frekuensi), dan perangkat teknologi lain yang memancarkan gelombang elektromagnetik. Perangkat yang dapat digunakan untuk memanen gelombang elektromagnetik ini salah satunya adalah rectifier yang diintegrasikan dengan antena [2]. Rectifier atau penyearah gelombang merupakan salah satu media konversi energy harvesting yang berfungsi untuk mengubah sinyal tegangan Alternating Current (AC) menjadi tegangan Direct Current (DC), sedangkan antena digunakan sebagai penangkap gelombang elektromagnetik dari ruang bebas [3].

Penelitian-penelitian sebelumnya telah melakukan realisasi *rectenna* pada frekuensi UHF yang memiliki frekuensi kerja 470 -806 MHz [3]. Sedangkan pada Penelitian lain yang berjudul "*Design Issues in Radio Frequency Energy Harvesting System*", dijelaskan bagaimana mendesain suatu antena yang dapat digunakan untuk *Energy Harvesting* pada frekuensi kerja DTV (470 – 770 MHz) [7]. Berdasarkan penelitian sebelumnya, dari berbagai pemancar gelombang radio frekuensi, daya sinyal DTV yang diterima tinggi dan juga memiliki *band* frekuensi yang lebar. Sinyal DTV pun menyajikan potensi yang tinggi untuk EH [6].

Setelah mengamati penelitian – penelitian sebelumnya, maka pada penelitian tugas akhir ini akan dilakukan perancangan dan realisasi sistem RF *energy harvesting* (EH) dengan sumber *rectifier antenna* (*rectenna*) pada frekuensi kerja DTV (470 ~ 770 MHz) [7]. Dalam proses

perancangan dan pembuatan *rectenna* ini dilakukan simulasi dengan menggunakan *software* untuk mengetahui kinerja dan daya yang dihasilkan dari *rectenna*. Rangkaian *rectifier* yang digunakan dalam *rectenna* ini adalah *double diode rectifier (Voltage Doubler)* menggunakan dua buah diode *Bridge Rectifier* tipe HSMS-2820, dan menggunakan antenna *microstrip vivaldi*.

2. Dasar Teori

2.1 Energy Harvesting

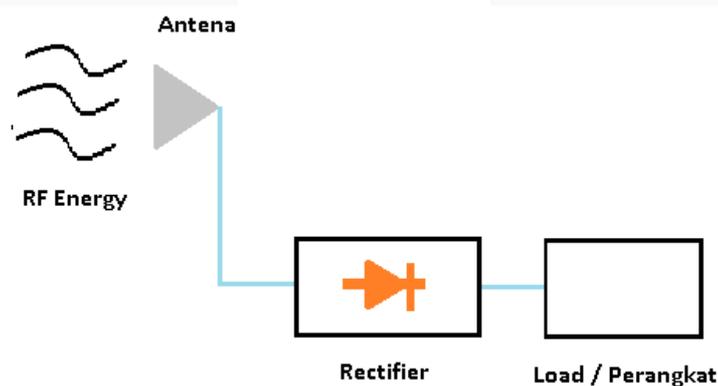
Energy harvesting (EH) atau pemanenan energi adalah proses dimana energi berasal dari sumber eksternal seperti surya atau matahari, panas, energi RF (radio frekuensi). Sejauh ini konsep energy harvesting hanya dapat digunakan untuk perangkat – perangkat elektronik yang membutuhkan daya rendah sebagai pemasok energi. Salah satu sumber eksternal yang akan digunakan dalam penelitian kali ini adalah dengan menggunakan energi radio frekuensi atau gelombang elektromagnetik. Perangkat yang dapat digunakan untuk memanen gelombang elektromagnetik ini salah satunya adalah *rectifier* yang diintegrasikan dengan antenna [2].

Rectifier atau penyearah gelombang merupakan salah satu media konversi energy harvesting yang berfungsi untuk mengubah sinyal tegangan Alternating Current (AC) menjadi tegangan Direct Current (DC), sedangkan antenna digunakan sebagai penangkap gelombang elektromagnetik dari ruang bebas [3].

2.1. Rectenna

Rectenna merupakan sebuah sistem yang terdiri dari antenna dan *rectifier* sebagai komponen penyusun dasarnya. *Rectenna* adalah salah satu aplikasi dari pemanenan energi secara nirkabel. Pada sistem *rectenna*, energi yang dipanen berupa gelombang elektromagnetik atau yang biasa disebut sebagai gelombang radio. Fungsi utama dari *rectenna* adalah agar menghasilkan tegangan DC untuk selanjutnya disalurkan pada beban. Tegangan DC yang didapat merupakan hasil konversi dari gelombang elektromagnetik yang bertebaran di udara. Antena bertugas sebagai penerima gelombang elektromagnetik (gelombang AC) dari udara. Kemudian gelombang tersebut ditransfer ke rangkaian *rectifier* untuk dikonversi menjadi tegangan DC.

Daya DC ini bisa digunakan sebagai catu daya bagi perangkat elektronik berdaya rendah. Sistem *rectenna* dapat menggunakan berbagai macam antenna maupun rangkaian *rectifier* tergantung pada aplikasi apa *rectenna* akan digunakan. Untuk mempermudah pemahaman, maka penulis menyertakan blok diagram untuk *rectenna* pada **Gambar 2.1**. Pada gambar tersebut diperlihatkan blok dari mulai sumber energi berupa radio frekuensi sampai ke beban atau perangkat [10].

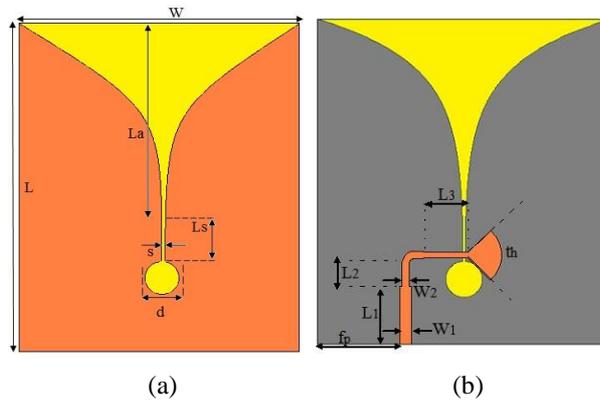


Gambar 2.1 Blok diagram untuk *rectenna* secara umum.

2.2 Antena Vivaldi

Antena Vivaldi merupakan antenna planar gelombang berjalan dengan radiasi *end-fire* serta memiliki gain yang cukup tinggi (4 – 8 dBi)[10]. Antena ini diperkenalkan oleh P. J. Gibson pada tahun 1979. Antena ini merupakan tipe khusus dari *tapered slot antenna* dengan bagian meruncing yang eksponensial[11]. Secara teori, antena vivaldi memiliki rentang frekuensi operasi yang tidak terbatas dengan *beamwidth* yang konstan pada keseluruhan *bandwidth*[12].

Antena vivaldi terdiri dari saluran pencatu mikrostrip, transisi saluran catu ke *slotline*, dan struktur peradiasi. Struktur peradiasi ini biasanya meruncing secara eksponensial. Pada saat transmisi, energi yang yang dicatu ke antena akan masuk ke saluran catu dan kemudian ditransisikan ke rongga melingkar yang berada di pangkal *slotline* eksponensial. Setelah ditransisikan, energi tersebut dipancarkan melalui *slotline* eksponensial yang disebut *tapered slot*.



Gambar 2.1 Antena Vivaldi (a) bagian depan (b) bagian belakang[15]

Antena vivaldi memiliki perumusan sebagai berikut:

- Persamaan exponential antena vivaldi[15] :

$$y(x) = ce^{K_a x} \quad (2.1)$$

Konstanta c dan nilai K_a [15] :

$$c = \frac{s}{2} \quad \text{dan} \quad K_a = \frac{1}{L_a} \ln\left(\frac{W}{s}\right) \quad (2.2)$$

- Perhitungan dimensi antena vivaldi dinyatakan sebagai berikut[16] :

$$W = L = \frac{c}{f_0} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (2.3)$$

2.3 Rectifier

Rectifier atau yang biasa disebut sebagai penyearah gelombang adalah bagian dari catu daya yang mengubah sinyal tegangan arus *Alternating Current* tegangan bolak-balik menjadi tegangan arus *Direct Current* atau tegangan searah. *Rectifier* memiliki komponen utama yaitu penurun tegangan (transformer), penyearah gelombang / rectifier (dioda) dan filter (kapasitor). Pada dasarnya, rectifier ada yang bertipe *half wave rectifier* (penyearah setengah gelombang) dan *full wave rectifier* (penyearah gelombang penuh) [8].

Penyearah setengah gelombang (*half wave rectifier*) hanya menggunakan satu buah dioda sebagai komponen utama dalam menyearahkan gelombang AC. Prinsip kerja dari penyearah setengah gelombang ini adalah Ketika sisi positif gelombang AC masuk, dioda akan mengalami *forward bias* sehingga bagian positif dari gelombang AC akan dilewatkan oleh dioda. Ketika sisi negatif yang masuk, dioda akan mengalami *reverse bias* sehingga bagian negatif dari gelombang AC tidak bisa dilewatkan oleh diode [3].

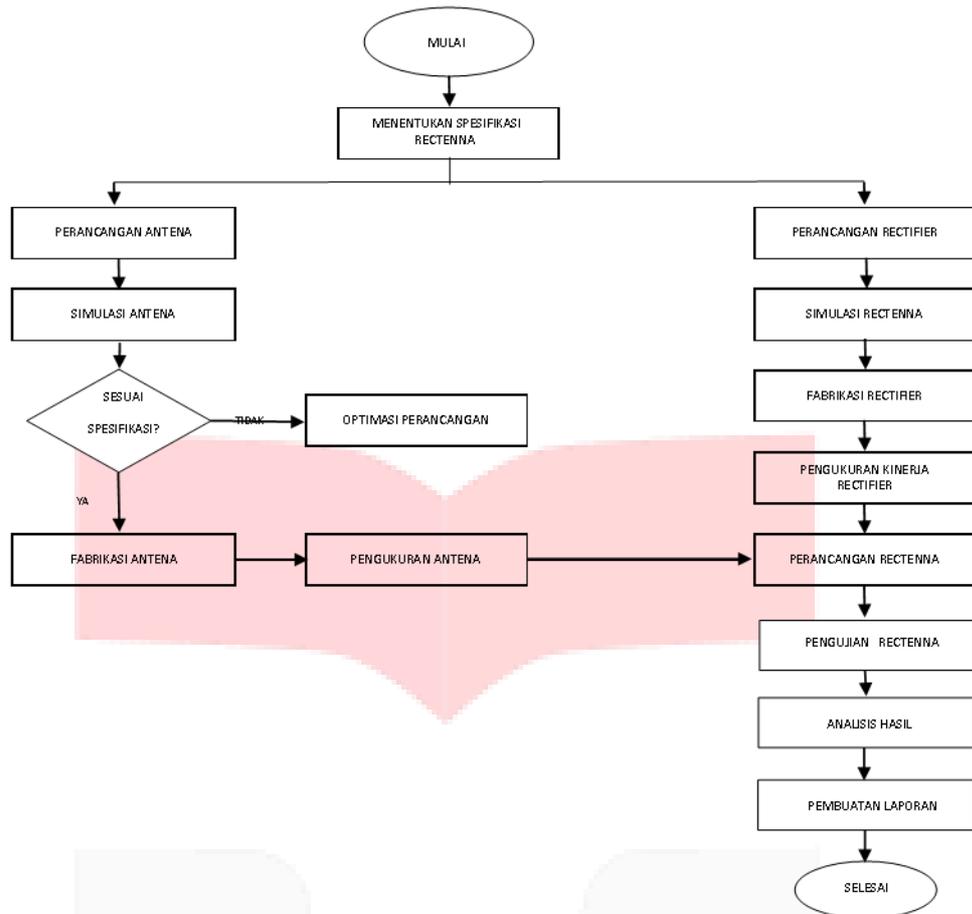
Full wave rectifier merupakan sirkuit penyearah yang memiliki dua dioda. Ketika gelombang AC positif memasuki rangkaian, dioda pertama akan mengalami *forward bias* sehingga gelombang positif akan melewati dioda. Pada saat yang bersamaan, dioda kedua yang terhubung dengan terminal negatif dari trafo mengalami *reverse bias* sehingga gelombang positif tidak bisa melalui dioda dua. Pada kondisi sebaliknya (saat gelombang negatif memasuki rangkaian), dioda pertama mengalami *reverse bias* sehingga gelombang tidak akan melewati dioda pertama. Namun pada kondisi ini, dioda kedua mengalami *forward bias* sehingga gelombang bisa melewati dioda kedua. Rangkaian *full wave rectifier* menghasilkan gelombang penuh pada output-nya karena gelombang positif dan negatif dalam satu siklus mampu dilewati oleh rangkaian ini[15].

2.4 Voltage Multiplier

Voltage Multiplier merupakan tipe khusus dari rangkaian rectifier yang mengubah tegangan rendah menjadi tegangan DC yang lebih tinggi dengan bantuan dioda dan kapasitor. Pada dasarnya, rangkaian voltage multiplier dan rectifier sama-sama berfungsi sebagai penyearah gelombang AC menjadi gelombang DC. Umumnya, tegangan output DC dari rangkaian penyearah (rectifier) dibatasi oleh nilai puncak tegangan input AC. Menggunakan kombinasi dioda dan kapasitor, tegangan puncak masukan bisa dilipatgandakan secara efektif untuk mendapatkan tegangan keluaran yang sama besar bahkan berlipat-lipat dari tegangan puncak masukan. Berdasarkan jumlah dioda dan kapasitor yang digunakan, voltage multiplier biasanya terdiri dari voltage doubler, voltage tripler, dan voltage quadrupler [10].

2.5 Perancangan Sistem

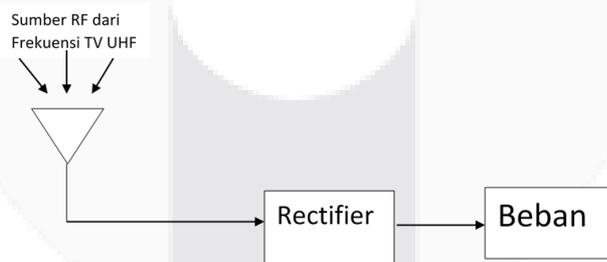
Perancangan sistem rectenna diringkas dalam diagram alir di bawah ini :



Gambar 2.3 Diagram Alir Perancangan dan Realisasi

3. Pembahasan

Penelitian tugas akhir ini merancang sistem rectenna sederhana yang terdiri dari antena dan rectifier seperti blok diagram di bawah ini :



Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem secara Umum

Pada sistem rectenna yang dirancang, antenna dan rectifier dirancang secara terpisah menggunakan *software* yang berbeda. Antena mikrostrip vivaldi dirancang menggunakan *software* CST Studio Suite 2018 sedangkan rectifier dirancang dan disimulasikan menggunakan *software* *Advance Design System* 2020. Hasil realisasi antenna yang telah dirancang sebagai berikut :



(a)

(b)

Gambar 3.2 Antena Vivaldi tampak depan (a) dan belakang (b)

Berikut merupakan hasil realisasi rectifier bertipe voltage multiplier yang berfungsi sebagai konverter gelombang AC menjadi tegangan DC sekaligus pelipatganda tegangan :



Gambar 3.4 Hasil Realisasi Rectifier

Antena dan rectifier hasil realisasi disambungkan menggunakan *adapter female to female* menyesuaikan hasil realisasi dan terbentuklah sistem rectenna sederhana. Rectenna ini diukur keluarannya berupa tegangan DC menggunakan osiloskop. Pengujian dilakukan di tiga sampel frekuensi yaitu 470 , 620, dan 770 MHz. Berikut grafik hasil pengujian rectenna :

Efisiensi *rectenna* merupakan perbandingan seberapa besar daya keluaran dari *rectifier* yang terukur pada beban dibandingkan dengan daya terima oleh antenna penerima yang terhubung dengan *rectifier* dalam *range* 0 – 100 %. Perhitungan efisiensi tertuang ke dalam persamaan berikut :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (3.1)$$

4. Kesimpulan dan Saran

Penelitian tugas akhir ini merancang sebuah sitem rectenna sederhana yang terdiri dari antenna mikrostrip vivaldi dan rangkaian rectifier bertipe voltage multiplier. Antena dirancang sebagai penerima gelombang elektromagnetik dan rectifier dirancang sebagai konverter gelombang elektromagnetik sebagai tegangan DC. Hasil realisasi antenna diukur parameter-parameternya. Rangkaian rectifier yang direalisasi diuji apakah mampu mengkonversi gelombang elektromagnetik menjadi tegangan DC. Berikut beberapa kesimpulan yang didapat setelah melakukan penelitian :

1. Perancangan antenna mikrostrip Vivaldi pada *software* mampu beroperasi pada frekuensi DTV 470 – 770 MHz dengan ukuran dimensi substrat sebesar 20 x 25 cm menghasilkan *return loss* dengan nilai -12,94 dB, VSWR dengan nilai 1, *gain* sebesar 2,37 dB pada frekuensi 470 MHz, 1,98 dB pada frekuensi 620 MHz, dan 3,74 dB pada frekuensi 770 MHz. Selain itu menghasilkan pola radiasi omnidireksional dan polarisasi elips

2. Antena mikrostrip vivaldi hasil realisasi memiliki performansi pada frekuensi 620 MHz dengan menghasilkan *return loss* dengan nilai -15,694 dB, VSWR dengan nilai 1,35, *gain* sebesar 1,77 dB. Selain itu menghasilkan pola radiasi omnidireksional dan polarisasi elips
3. Pada realisasi *rectenna* saat frekuensi 620 MHz *voltage* DC yang dihasilkan adalah 1,396 V yang berpengaruh pada tidak menyalnya LED. Sedangkan pada realisasi *rectenna* saat frekuensi 770 MHz *voltage* DC yang dihasilkan adalah 2,578 V yang berpengaruh pada mampu menyalnya LED
4. Pada realisasi *rectenna* saat frekuensi 620 MHz Efisiensi yang dihasilkan adalah 48,72 %. Sedangkan pada realisasi *rectenna* saat frekuensi 770 MHz *voltage* DC yang dihasilkan adalah 97,30 %.
5. Realisasi antena vivaldi sebaiknya digunakan cara tambahan lain agar *gain* yang dihasilkan lebih baik. Jika nilai *gain* lebih tinggi maka antena dapat menyalurkan daya masukan lebih tinggi bagi *rectifier*. Mungkin dapat dicoba dengan cara model antena *array*.
6. Pada saat akan merancang suatu rangkaian *rectifier* baik itu simulasi atau realisasi, sebaiknya tentukan terlebih dahulu tipe rangkaian, jumlah *stage*, jenis komponen, dan nilai komponen yang akan digunakan agar mendapatkan hasil yang maksimal.
7. Pada saat fabrikasi antena ataupun *rectifier* pastikan tidak ada kesalahan – kesalahan non-teknis atau kecerobohan terjadi, karena hal ini dapat sangat mengganggu proses selanjutnya dan memengaruhi hasil pengukuran.
8. Pada penelitian selanjutnya mungkin perlu ada perkembangan dalam penelitian atau perancangan sistem *rectenna* ini. Seperti adanya tambahan rangkaian penyepadan impedansi antara antena dan *rectifier* atau adanya rangkaian pada *rectifier* yang berfungsi menstabilkan tegangan DC sebelum disalurkan ke beban

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Y. Hsieh, W. T. Chen, and J. T. Lee, "An Intelligent Power Manager with Energy Harvesting for Internet of Things Applications," *Microw. Opt. Technol. Lett.*, vol. 61, no. 1, pp. 271–274, 2019.
- [2] S. Ahmed Qasem, M. N. Husain, Z. Zakaria, M. S. I. M. Zin, and A. Alhegazi, "Rectenna Designs for RF Energy Harvesting System: A Review," *Int. J. Commun. Antenna Propag.*, vol. 6, no. 2, pp. 82–89, 2016.
- [3] Y. NZ, Hamka Ikhlasul Amal; Fahmi, Arfianto; Wahyu, "Perancangan dan Realisasi Sistem Energy Harvesting pada Frekuensi UHF," 2016.
- [4] N. Mufti and Y. Wahyu, "Perancangans dan Implementasi Rectenna untuk Frekuensi 950 MHz," 2012.
- [5] U. Olgun, C. C. Chen, and J. L. Volakis, "Wireless power harvesting with planar rectennas for 2.45 GHz RFIDs," *Symp. Dig. - 20th URSI Int. Symp. Electromagn. Theory, EMTS 2010*, pp. 329–331, 2010.
- [6] N. Harpawi and Iskandar, "Design Energy Harvesting Device of UHF TV stations," *Proc. 2014 8th Int. Conf. Telecommun. Syst. Serv. Appl. TSSA 2014*, 2015.
- [7] C. Mikeka and H. Arai, "Design Issues in Radio Frequency Energy Harvesting System."
- [8] J. Zhang, "Rectennas for Rf Wireless Energy Harvesting," no. September, pp. 1–174, 2013.
- [9] S. K. Divakaran, D. Das Krishna, and Nasimuddin, "RF energy harvesting systems: An overview and design issues," *Int. J. RF Microw. Comput. Eng.*, vol. 29, no. 1, pp. 1–15, 2019.
- [10] "Iwanda, Fadhli, "Rectifying Antenna (Rectenna) For UHF TV Signal 470 -806 Mhz," 2016.
- [11] [A. Balanis](#), Constantine, Arizona State University : Antenna Theory Analysis And Design, 2nd ed. Canada: John Wiley and Sons, 1997.
- [12] S. Asma Anika, "Optimized Process Design of RF Energy Harvesting Circuit for Low Power Devices." *International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 13, Number 2 (2018) pp. 849-854*
- [13] G. K. Pandey, H. S. Singh, P. K. Bharti, a. Pandey, and M. K. Meshram, "High Gain Vivaldi Antenna for Radar and Microwave Imaging Applications," *Int. J. Signal Process. Syst.*, vol. 3, no. 1, pp. 35–39, 2014.
- [14] Y. Yang, Y. Wang, and A. E. Fathy, "Design of Compact Vivaldi Antenna Arrays for Uwb See Through Wall Applications," *Prog. Electromagn. Res.*, vol. 82, pp. 401–418, 2008.
- [15] W. Y. Arifin and Y. Wahyu, "Perancangan dan Realisasi Rectenna Mikrostrip Rectangular Patch Array pada Frekuensi 470 MHz - 2400 MHz Sebagai Energi Penggerak Jam," 2016.
- [16] D. M. Pozar, *Microwave Engineering (4th Edition)*, 4th ed. John Wiley & Sons, Inc., 2011.
- [17] P. Thosar, "Design of Rectenna using RF Harvesting for Batteryless IoT Sensors," no. March, pp. 63–67, 2018.