



Jurnal Politeknik Caltex Riau

<https://jurnal.pcr.ac.id/index.php/elementer>

| ISSN : 2460 – 5263 (online) | ISSN : 2443 – 4167 (print)

Analisis Pengaruh Perubahan Jarak Node *Harvester* Terhadap Kinerja Wi-Fi

Mohammad Yanuar Hariyawan¹, Riezka Salsabilla² dan Rizadi Sasmita Darwis³

¹Politeknik Caltex Riau, Teknik Elektronika, email: yanuar@pcr.ac.id

²Politeknik Caltex Riau, Teknik Elektronika, email: riezka@alumni.pcr.ac.id

Politeknik Caltex Riau, Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi, email: rizadi@pcr.ac.id

[1] Abstrak

Pemanfaatan energi yang ada disekitar untuk menyuplai perangkat elektronik berdaya rendah semakin banyak dikembangkan, tidak terkecuali pemanfaatan energi RF yang banyak dihasilkan oleh perangkat telekomunikasi. Banyak penelitian memanfaatkan energi RF yang dihasilkan oleh perangkat Wi-Fi sebagai salah satu sumber energi alternatif. Akan tetapi pengaruh pemanfaatan energi RF yang bersumber dari Wi-Fi tidak banyak yang mengulas. Pada penelitian ini dibahas pengaruh penggunaan node harvester yang memanfaatkan energi RF yang dihasilkan oleh perangkat Wi-Fi terhadap kinerja jaringan Wi-Fi tersebut. Pada penelitian ini dilihat pengaruh jarak 4 node harvester terhadap kinerja jaringan Wi-Fi yang terdiri dari 1 mikrotik routerboard, 4 laptop. Parameter yang diujikan dimulai dari tegangan pada harvester, nilai throughput, delay, packet loss dan power density. Dari hasil penelitian kapasitor 470 μ F menghasilkan tegangan terbesar dengan nilai $\pm 0.4V$. Nilai tegangan pada harvester akan semakin tinggi ketika didekatkan dengan Wi-Fi dan bernilai 0 di jarak ± 15 m dari Wi-Fi. Hasil pengujian memperlihatkan nilai throughput yang terus menurun seiring penambahan jarak harvester ke Wi-Fi penurunan disebabkan oleh best effort pada jaringan. Sedangkan nilai delay yang didapatkan tidak murni terpengaruh oleh penggunaan harvester dan nilai packet loss didapat 0 % . Power density mengalami penurunan nilai daya ketika harvester semakin dekat jaraknya dengan Wi-Fi dan selisih nilai daya ± 2 dBm disetiap perpindahan jarak yang ditetapkan.

Kata kunci: wi-fi, RF, harvester, jarak, TCP

[2] Abstract

The utilization of energy around to supply low-power electronic devices is increasingly being developed, including RF energy, mainly produced by telecommunications equipment. Many studies utilize RF energy generated by Wi-Fi devices as an alternative energy source. However, the effect of using RF energy sourced from Wi-Fi is not widely discussed. This study discusses the impact of using a node harvester that utilizes RF energy generated by Wi-Fi devices on the performance of the Wi-Fi network. This study examines the effect of the distance of 4 harvester nodes on the performance of a Wi-Fi network consisting of 1 Mikrotik routerboard and four laptops. Parameters were tested starting from the voltage on the harvester, the value of throughput, delay, packet loss, and power density. From the research results, the 470 F capacitor produces the most significant voltage with a value of $\pm 0.4V$. The voltage value on the harvester will be higher when brought closer to Wi-Fi and is 0 at a distance of ± 15 m from Wi-Fi. The test results show that the throughput value continues to decrease as the distance from the harvester

to Wi-Fi decreases due to the best effort on the network. While the delay value obtained is not purely affected by the use of the harvester, and the packet loss value is 0%. The power density decreases when the harvester gets closer to Wi-Fi, and the difference in power values is ± 2 dBm for each set distance.

Keywords: wi-fi, RF, harvester, distance, TCP

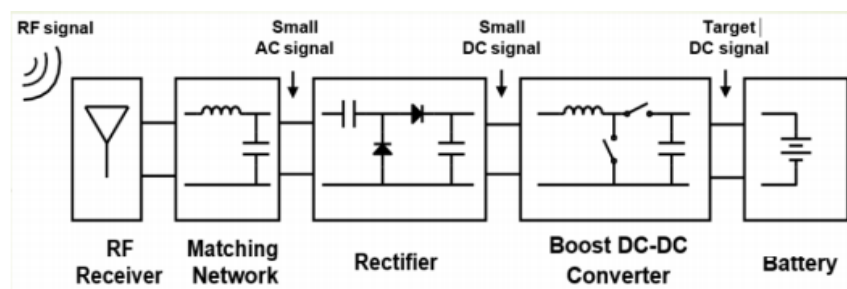
1. Pendahuluan

Energi *harvesting* merupakan suatu metode pemanenan energi yang berasal dari lingkungan dan mengubahnya menjadi daya listrik yang kemudian disimpan dalam kapasitor agar dapat digunakan untuk mensuplai perangkat elektronik [1-11]. Saat ini sumber pemanenan energi dapat menggunakan RF [1], [4], termal [12-13], solar [14-15], energi mekanis [16-17], getaran [18-19], tekanan [20-21] dan sebagainya. Dalam dunia telekomunikasi banyak sekali energi elektromagnetik yang belum dimanfaatkan secara maksimal misalnya sinyal Wi-Fi. Wi-Fi menggunakan gelombang elektromagnet untuk mengirimkan sinyal yang bekerja pada frekuensi 2,4 GHz [22].

Teknologi RF *harvester* memperlihatkan adanya energi yang dapat diambil dari pancaran sinyal Wi-Fi [23]. RF *Harvester* untuk pemanenan energi akan bertindak sebagai client. Banyaknya client akan mempengaruhi kinerja dari Wi-Fi [24]. Semakin banyak client yang mengakses jaringan pada satu Wi-Fi akan mengakibatkan penurunan pada kinerja dari Wi-Fi tersebut. Oleh sebab itu, dirasa perlu untuk menganalisa pengaruh dari penggunaan RF *harvester* terhadap kinerja jaringan Wi-Fi. Pengujian dilakukan dengan menggunakan mikrotik routerboard, 4 buah laptop dan 4 buah *harvester*. Pengukuran terhadap besar nilai tegangan dan parameter QoS dilakukan dengan mengubah jarak antara *harvester* dengan laptop dan jarak antara *harvester* dengan *access point*. Untuk nilai parameter QoS pengukuran dilakukan menggunakan software wireshark dengan parameter *throughput*, *packet loss*, *delay*. Sedangkan pengukuran *power density* menggunakan *spectrum analyzer*.

2. Tinjauan Pustaka

Pengertian dari energi *harvesting* adalah suatu proses dimana energi dari berbagai macam sumber yang ada disekitar ditangkap dan dipanen [8], [10]. Sistem energi *harvesting* ini dapat diaplikasikan untuk catu daya bagi perangkat berkebutuhan daya rendah. Dalam aplikasinya, sistem energi *harvesting* dapat digunakan untuk menyuplai perangkat berkebutuhan daya rendah secara kontinyu dikarenakan terdapat banyak sekali sumber energi yang tersedia untuk dipanen. Teknologi *harvesting* yang diciptakan untuk menghasilkan tenaga listrik melalui proses pemanenan energi yang diperoleh dari lingkungan sekitar yang berupa sinyal RF berbentuk gelombang elektromagnetik. Energi yang tadi telah dipanen diubah menjadi energi listrik DC (*direct current*).



Gambar 1. Diagram Blok Dasar Sistem Konversi RF

Gambar 1 menunjukkan diagram dasar sistem konversi RF DC. Gambar 2.1. Diagram blok dasar dari RF energi *harvesting*. Pada RF energi *harvesting* antenna adalah kunci utama dari sistem yang berfungsi untuk menangkap radiasi energi RF, ada beberapa antenna yang mencapai kinerja yang baik di gain dan *bandwidth* seperti antenna *microstrip*, *dipole*, *planar*, dan antenna *uniplanar*.

Sebuah antenna mikrostrip dirancang menggunakan patch segitiga agar dapat memanen energi pada band frekuensi GSM 1800 MHz, 2100 MHz serta WIFI 2400 MHz [2]. Antena hasil fabrikasi mempunyai pola radiasi direksional dan menghasilkan tegangan keluaran sebesar 600.5 mV dalam waktu 60 menit.

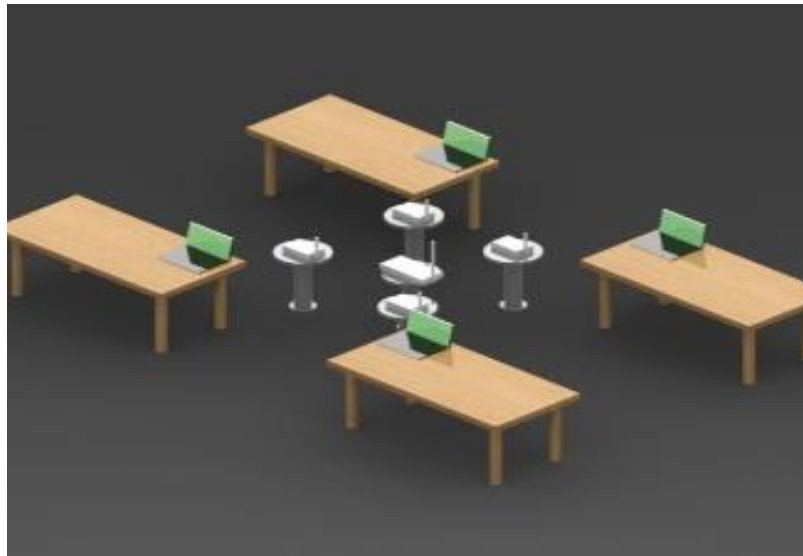
Rectifier antenna berupa antenna mikrostrip rectangular patch digunakan untuk memanen energi RF pada frekuensi 800 MHz dan mengkonversikannya menjadi daya DC untuk menghasilkan catu daya bagi perangkat elektronik berdaya rendah [4]. Antena *mikrostrip rectangular patch* hasil fabrikasi, pada frekuensi 800 MHz mempunyai nilai return loss antenna sebesar -40,74 dB dan gain sebesar 3,47 dB. Sedangkan pada frekuensi 1,057 GHz, didapatkan nilai return loss -16,85 dB, VSWR sebesar 1,33 dB. Nilai tegangan output *rectenna (rectifier antenna)* sebesar 0,279 mV.

Perancangan dan pembuatan pemanenan daya frekuensi radio (RF) dengan mengimplementasikan antenna mikrostrip pita lebar segitiga *rectenna* untuk aplikasi pemanenan daya RF pada pita frekuensi 1.700 hingga 2.500 MHz [5]. Hasil penelitian membuktikan bahwa antenna mikrostrip *rectenna* segitiga pita lebar hasil fabrikasi dapat memanen energi RF ambien secara efisien pada pita frekuensi 1.700 hingga 2.500 MHz.

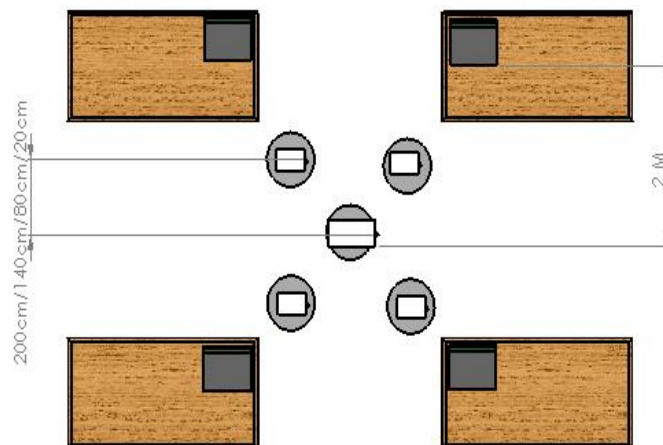
Dari tiga penelitian diatas hanya berfokus pada efektifitas *power harvester* dalam memanen energi tanpa memperhatikan kinerja sistem yang dipanen sumber daya RF nya. Sedangkan kinerja dari sebuah jaringan nirkabel bergantung pada kondisi physical link berupa jarak antar perangkat, halangan fisik, dan interferensi co-channel dari perangkat dan jaringan yang lain [24]. Untuk itu pada penelitian ini dilihat pengaruh perubahan jarak node *harvester* terhadap kinerja jaringan wi-fi.

3. Metodologi

Untuk melihat pengaruh perubahan jarak node *harvester* terhadap kinerja WiFi, pada penelitian ini digunakan topologi star sebagai alur komunikasi, seperti ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3. Laptop yang tersambung pada jaringan tidak langsung berhubungan dengan laptop lain ada sumber yang menjadi pusat penghubung. Pusat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *access point* mikrotik routerboard yang bekerja pada frekuensi 2,4 GHz. Nilai *bandwidth* diatur dengan sistem parent dan child dengan total *bandwidth* 512 kbps. Modul *harvester* yang digunakan dalam penelitian ini adalah modul *harvester* LTC-3588 yang akan memanen energi dari *access point* sekaligus bertindak sebagai client. Pengujian dilakukan terhadap 4 laptop dan 4 *harvester*. Waktu yang digunakan untuk pengambilan data ± 10 menit dengan 5 kali pengulangan. Modul *harvester* diletakan di koordinat x dan y yang dapat diubah-ubah sehingga dapat dilihat pengaruhnya terhadap nilai QoS pada masing-masing client. Jarak dari *harvester* ke *access point* ditetapkan dalam 4 jarak yaitu 200 cm, 140 cm, 80 cm, 20cm. Melalui perubahan jarak *harvester* ini akan didapat nilai tegangan disetiap *harvester*.



Gambar 2. Rancangan Pengujian *Harvester* dalam 3D



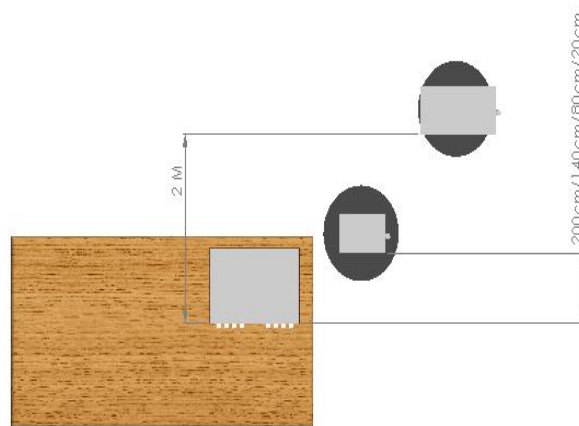
Gambar 3. Rancangan Pengujian *Harvester* dalam 2D

Pengujian *power density* dilakukan menggunakan 1 buah *power harvester* dan 1 buah *access point* yang jarak antara keduanya divariasikan mulai dari 200 cm, 140 cm, 80 cm, dan 20 cm. *Spectrum analyzer* digunakan sebagai alat ukur kerapatan daya yang ada di sekelilingnya. Pada pengujian ini akan didapat nilai kerapatan daya dari perubahan jarak *harvester* ke *access point*. *Spectrum analyzer* akan menangkap perubahan daya ketika jarak antara *power harvester* dan *access point* diubah-ubah.

Pengujian *power density* dilakukan menggunakan 1 buah *power harvester* dan 1 buah *access point* yang jarak antara keduanya divariasikan mulai dari 200 cm, 140 cm, 80 cm, dan 20 cm. *Spectrum analyzer* digunakan sebagai alat ukur kerapatan daya yang ada di sekelilingnya. Pada pengujian ini akan didapat nilai kerapatan daya dari perubahan jarak *harvester* ke *access point*. *Spectrum analyzer* akan menangkap perubahan daya ketika jarak antara *power harvester* dan *access point* diubah-ubah.



Gambar 4. Rancangan Pengujian *Power density* dalam 3D



Gambar 5. Rancangan Pengujian *Power density* dalam 2D

4. Pengujian dan Analisis

4.1. Pengujian Node *Harvester*

Modul *harvester* LTC 3588 tidak dapat langsung digunakan untuk memanen energi. Dibutuhkan tambahan komponen seperti antenna untuk menangkap sinyal wifi dan kapasitor untuk menyimpan tegangan yang dipanen. Agar komponen yang ini dapat bekerja dengan baik maka dibutuhkan rangkaian yang sesuai dengan komponen tersebut. *Power harvester* hasil perancangan dapat dilihat pada Gambar 6.

Pada penelitian ini digunakan tiga buah kapasitor dengan nilai $0,47 \mu\text{F}$, $47 \mu\text{F}$ dan $470 \mu\text{F}$. Percobaan dilakukan pada rangkaian *harvester* yang diletakan pada jarak $\pm 20 \text{ cm}$ dari *access point*, lalu diambil nilai dari tegangan tertinggi yang bisa disimpan oleh ketiga kapasitor tersebut. Besar nilai kapasitor sangat menentukan berapa tegangan yang dibutuhkan untuk mensuplai perangkat elektronik yang diinginkan.

Tabel 1 memperlihatkan bahwa semakin besar nilai kapasitor yang digunakan maka semakin tinggi tegangan yang dapat disimpan. Dari nilai tegangan ini dipilih satu kapasitor yang digunakan sebagai kapasitor tetap dalam pengambilan data. Kapasitor yang dipilih adalah $470 \mu\text{F}$ karena

mampu menyimpan tegangan lebih besar di bandingkan kapasitor lainnya. Kapasitor ini mampu menghasilkan $\pm 0,4$ V dalam jarak ± 20 cm dari *access point*.



Gambar 6. Hasil Packaging Rangkaian Harvester

Tabel 1. Nilai Tegangan dengan pada Kapasitor

Nilai Kapasitor (μF)	Tegangan (V)
0,47	0,1
47	0,25
470	0,45

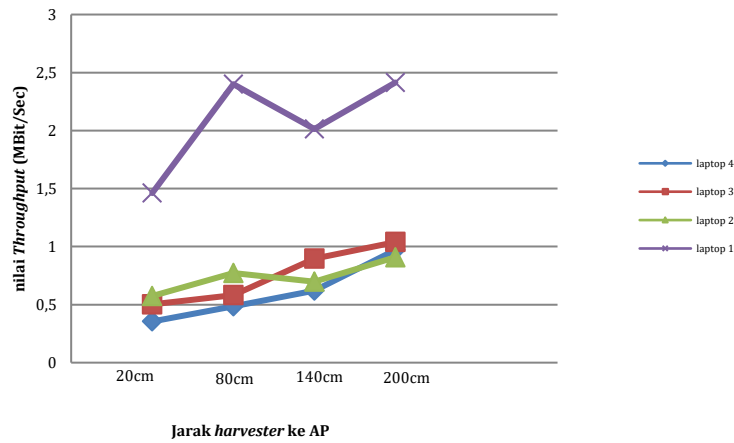
Tabel 2. Nilai Tegangan Berdasarkan Perubahan Jarak

Jarak harvester dari <i>access point</i> (m)	Tegangan (V)
$\pm 0,2$	$\pm 0,4$
± 5	$\pm 0,3$
± 10	$\pm 0,2$

4.2. Pengujian Parameter Terhadap Perubahan Jarak

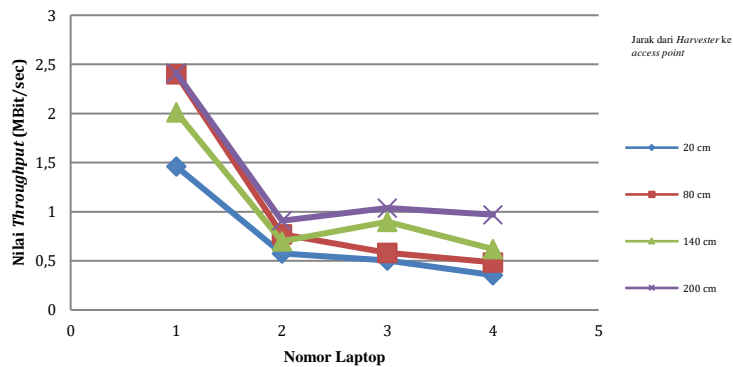
Pengujian untuk node *harvester* ini dilakukan di Laboratorium R.236 Politeknik Caltex Riau dengan menggunakan 4 laptop sebagai client dan 4 *harvester* sebagai pemanen tegangan. Gambar 7 memperlihatkan respon dari masing masing laptop terhadap perubahan jarak *harvester* ke *access point*. Nilai *throughput* yang dihasilkan cenderung meningkat ketika jarak *harvester* semakin jauh dari *access point*. Respon dari laptop 1 memiliki selisih yang jauh dari laptop 2,3 dan 4. Hal ini disebabkan karena laptop 1 bertindak sebagai server ketika melakukan file sharing. Sehingga nilai *Throughput* yang di hasilkan lebih besar dari nilai *throughput* pada laptop lainnya. Gambar 8 menunjukkan perubahan nilai *throughput* terhadap jarak pada masing-masing laptop.

Nilai *Throughput* disetiap laptop dengan perbedaan jarak



Gambar 7. Nilai *Throughput* di setiap laptop dengan perubahan jarak

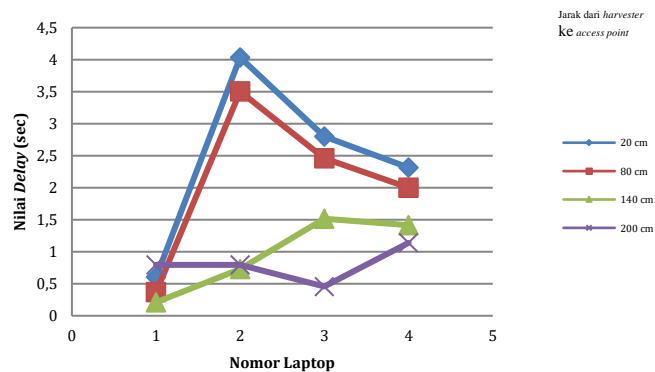
Nilai *Throughput* pada setiap jarak



Gambar 8. Nilai *Throughput* pada Setiap Jarak

Rata – rata dari setiap jarak menghasilkan pola yang sama, nilai *throughput* terus menurun sampai ke client 4. Sedangkan untuk nilai pada setiap jaraknya terlihat dari semua client, bahwa jarak 20 cm dari *harvester* ke *access point* menghasilkan nilai *throughput* paling bawah di bandingkan nilai jarak yang lainnya. Dan nilai *throughput* yang selalu berada diatas adalah nilai *throughput* dengan jarak 200 cm dari *harvester* ke *access point*. Nilai *throughput* yang semakin lama memburuk ini juga disebabkan karena best effort pada jaringan. *Best effort* merupakan kepadatan jaringan yang membuat *bandwidth* tidak cukup sehingga berpengaruh kepada *throughput*.

Nilai Delay disetiap jarak dengan perbedaan laptop



Gambar 9 .Nilai Delay pada Jarak dengan Perbedaan Laptop

Nilai *delay* pada Gambar 9 memperlihatkan bahwa *delay* terbesar berada pada jarak 20 cm. Lalu diikuti dengan jarak 80 cm dan 140 cm. Antara jarak 20 cm, 80 cm, dan 140 cm rata - rata memiliki pola perubahan nilai *delay* yang sama. Sedangkan untuk jarak 200 cm sedikit berbeda, di tandai dengan perubahan *delay* yang tidak stabil. Hal ini disebabkan karena *harvester* terlalu dekat dengan laptop yang bertindak sebagai client. Sehingga ada interferensi yang cukup besar mengganggu client ketika menerima sinyal dari *access point*.

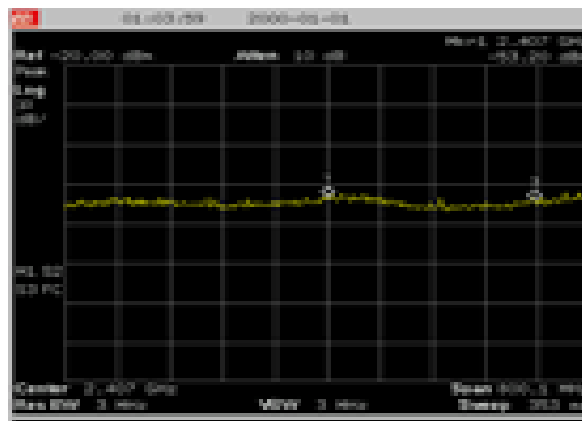
Penelitian untuk nilai *packet loss* didapat nilai 0 %. Nilai ini berlaku untuk semua percobaan yang dilakukan selama penelitian. Hal ini disebabkan karena protokol yang digunakan adalah TCP. TCP memiliki sifat yang reliability dan connection oriented sehingga sedikit kemungkinan ada paket yang hilang.

Tabel 3. Nilai Daya Dengan Indikator Uji Harvester

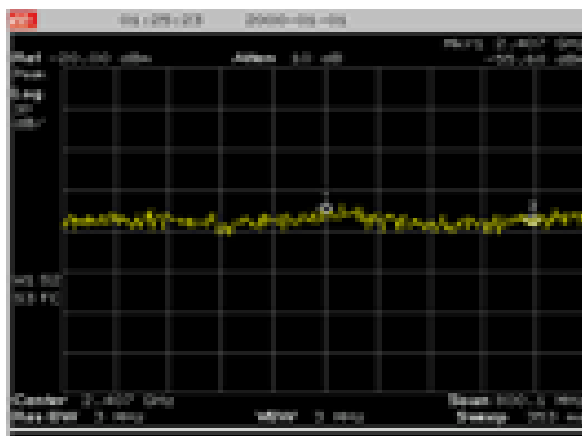
Indikator Uji <i>harvester</i>	Nilai Daya (dBm)
Tanpa <i>harvester</i>	-53.20
Jarak 200 cm dari AP	-55.68
Jarak 140 cm dari AP	-57.37
Jarak 80 cm dari AP	-57.66
Jarak 20 cm dari AP	-61.72

4.3 Pengujian *Power density*

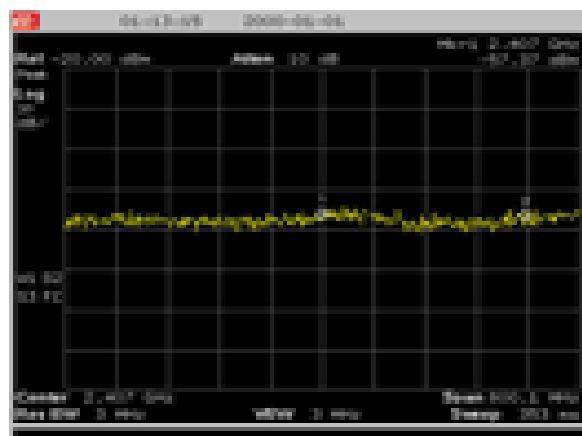
Pengujian *power density* dilakukan untuk melihat nilai kerapatan daya yang berada pada area pancaran sinyal. Didapat data dengan nilai daya yang terus berkurang seiring mendekatnya *harvester* ke *access point*, dapat dilihat pada Gambar 10, Gambar 11, Gambar 12, Gambar 13, dan Gambar 14. Dari pengurangan nilai kerapatan daya ini dapat dilihat hubungannya dengan nilai tegangan yang mampu di serap oleh *harvester*. Dimana *power density* dengan nilai tegangan memiliki hubungan yang berbanding terbalik. Pengurangan daya setiap perpindahan *harvester* ± 2 dBm, seperti ditunjukkan pada Tabel 3.



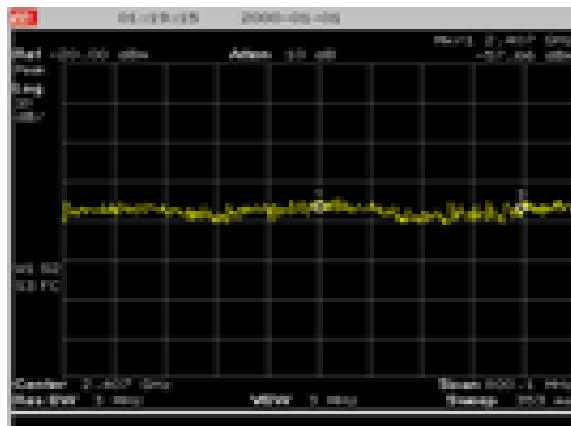
Gambar 10. Nilai Daya Tanpa Menggunakan *Harvester*



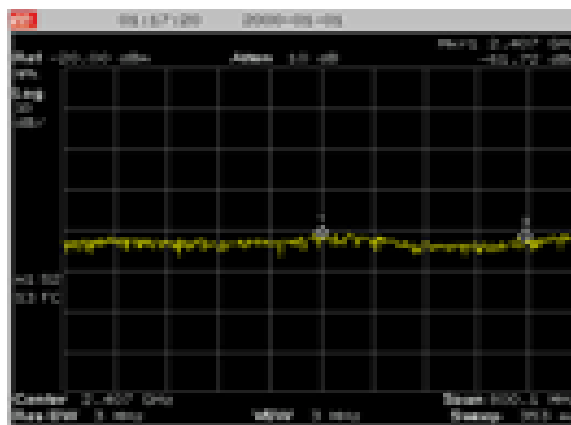
Gambar 11. Nilai Daya dengan Menggunakan *Harvester* Jarak 20 cm dari *Access Point*



Gambar 12. Nilai Daya dengan Menggunakan *Harvester* Jarak 80 cm dari *Access Point*



Gambar 13. Nilai Daya dengan Menggunakan *Harvester* Jarak 140 cm dari *Acess Point*



Gambar 14. Nilai Daya dengan Menggunakan *Harvester* Jarak 200 cm dari *Acess Point*

5. Kesimpulan

Dari data yang telah diperoleh dan analisis yang telah dilakukan, terlihat bahwa perubahan jarak node *harvester* mempengaruhi kinerja jaringan wi-fi yang menjadi sumber energi RF, dengan hasil sebagai berikut:

- Kapasitor dengan nilai 470 μF mampu menghasilkan nilai tegangan terbesar dengan nilai $\pm 0.4\text{V}$.
- Nilai tegangan pada *harvester* sangat rentan terhadap jarak, dimana semakin dekat jarak *harvester* ke *access point* maka nilai tegangannya semakin tinggi.
- Nilai tegangan bernilai 0 pada saat jarak $\pm 15\text{m}$, ini tergantung berapa besar kemampuan dari suatu antena yang digunakan dalam menyebarkan dan menangkap sinyal.
- Nilai *throughput* berdasarkan perubahan jarak *harvester* dengan *access point* memiliki hubungan dimana semakin dekat jarak antara *harvester* dengan *access point* maka nilai *throughput* akan semakin kecil.
- Menurunnya nilai rata-rata *throughput* disebabkan karena jaringan mengalami best effort. Nilai *delay* tidak murni dipengaruhi oleh perubahan jarak *harvester*.
- Nilai *packet loss* bernilai 0% karena protokol yang digunakan adalah TCP.
- Nilai *power density* akan terus berkurang ketika jarak dari *harvester* semakin dekat dengan *access point* dengan selisih $\pm 2\text{ dBm}$.

Daftar Pustaka

- [1] A. Zikri, M. Y. Hariyawan, and N. Harpawi, "Desain dan Implementasi Antena Mikrostrip Single Rectangular Patch pada Band Frekuensi 1920-2180 MHz untuk Pemanen Energi Gelombang Elektromagnetik," *J. Elem.*, vol. 2, no. 2, pp. 13–24, 2016.
- [2] R. Sasmita Darwis, "Antena Mikrostrip Broadband *Rectenna* Patch Segitiga Untuk Aplikasi RF *Power Harvesting* Pita Frekuensi 1700-2500 MHz," *J. Elektro dan Mesin Terap.*, vol. 2, no. 1, pp. 15–26, 2016, doi: 10.35143/elementer.v2i1.64.
- [3] T. Beng Lim, N. M. Lee, and B. K. Poh, "Feasibility study on ambient RF energy *harvesting* for wireless sensor network," 2013 IEEE MTT-S Int. Microw. Work. Ser. RF Wirel. Technol. Biomed. Healthc. Appl., pp. 1–3, 2013, doi: 10.1109/IMWS-BIO.2013.6756226.
- [4] S. N. P and M. Y. H, "Rectifier Antenna (*Rectenna*) Sebagai Pengubah Energi RF Menjadi Energi Listrik Berdaya Rendah," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 2, no. 1, pp. 95–104, 2014.
- [5] M. Y. Hariyawan, R. S. Darwis, and S. N. Posma, "Selected radio frequency *power harvesting* by using broadband triangle *rectenna* patch," *Adv. Sci. Lett.*, vol. 22, no. 10, 2016, doi: 10.1166/asl.2016.7989.
- [6] 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, doi: 10.1109/RFID-TA.2014.6934190.
- [7] M. Arrawatia, M. S. Baghini, and G. Kumar, "RF energy *harvesting* system from cell towers in 900MHz band," 2011 Natl. Conf. Commun. NCC 2011, 2011, doi: 10.1109/NCC.2011.5734733.
- [8] M. M. Tentzeris, A. Georgiadis, and L. Roselli, "Energy *Harvesting* and Scavenging [Scanning the Issue]," *Proc. IEEE*, vol. 102, no. 11, pp. 1644–1648, 2014, doi: 10.1109/JPROC.2014.2361599.
- [9] M. Krakauskas, A. M. A. Sabaawi, and C. C. Tsimenidis, "Suspended patch microstrip antenna with cut rectangular slots for RF energy *harvesting*," 2014 Loughbrgh. Antennas Propag. Conf. LAPC 2014, no. November, pp. 304–307, 2014, doi: 10.1109/LAPC.2014.6996382.
- [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, doi: 10.1109/ICTSD.2015.7095838.
- [11] M. Muramatsu and H. Koizumi, "An experimental result using RF energy *harvesting* circuit with dickson charge pump," 2010 IEEE Int. Conf. Sustain. Energy Technol. ICSET 2010, 2010, doi: 10.1109/ICSET.2010.5684935.
- [12] T. Zhao et al., "Flexible pyroelectric device for scavenging thermal energy from chemical process and as self-powered temperature monitor," *Appl. Energy*, vol. 195, pp. 754–760, 2017, doi: 10.1016/j.apenergy.2017.03.097.
- [13] A. Cuadras, M. Gasulla, and V. Ferrari, "Sensors and Actuators A : Physical Thermal energy *harvesting* through pyroelectricity," vol. 158, pp. 132–139, 2010, doi: 10.1016/j.sna.2009.12.018.

- [14] R. Ibrahim, T. Duc, S. Miya, and K. Bingi, "Solar Energy *Harvester* for Industrial Wireless Sensor Nodes," *Procedia - Procedia Comput. Sci.*, vol. 105, no. December 2016, pp. 111–118, 2017, doi: 10.1016/j.procs.2017.01.184.
- [15] X. Meng, X. Li, Y. Yao, C. Tsui, and W. Ki, "An Indoor Solar Energy *Harvester* with Ultra-Low- Power Reconfigurable *Power-On-Reset-Styled Voltage Detector*," pp. 1–5, 2018.
- [16] Z. Wu, "Dynamic Characteristics of a Novel Bistable Electromagnetic Vibration Energy *Harvester* Excited by Gauss White Noise," 2017 2nd Int. Conf. *Power Renew. Energy*, pp. 152–156, 2017.
- [17] D. Jeong, C. Kang, and S. Priya, "Ultra-Low Resonant Piezoelectric MEMS Energy *Harvester* With High *Power density*," pp. 1–9, 2017.
- [18] R. Takei, H. Okada, and T. Kobayashi, "Wireless Vibration Sensing System *Powered* by a Piezoelectric MEMS Vibration Energy *Harvester*," pp. 2–4, 2016.
- [19] M. E. Xi, T. Xi, M. E. Xi, and T. Xi, "Influence of Potential Well Depth on the Dynamic Characteristics of the Bistable Electromagnetic Vibration Energy *Harvester* Lilan liu," pp. 513–517, 2016.
- [20] J. Javier, L. Aranda, S. Bader, and B. Oelmann, "An Apparatus for the Performance Estimation of Pressure Fluctuation Energy *Harvesters*," pp. 1–9, 2018.
- [21] M. Deterre, E. Lefeuvre, Y. Zhu, M. Woytasik, B. Boutaud, and R. D. Molin, "Micro Blood Pressure Energy *Harvester* for Intracardiac Pacemaker," pp. 1–10, 2013.
- [22] L. Roelens, W. Joseph, E. Reusens, G. Vermeeren, and L. Martens, "Characterization of scattering parameters near a flat phantom for wireless body area networks," *IEEE Trans. Electromagn. Compat.*, vol. 50, no. 1, pp. 185–193, 2008, doi: 10.1109/TEMC.2007.915280.
- [23] 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, doi: 10.1109/URSI-EMTS.2010.5637008.
- [24] K. Universitas and B. Darma, "Evaluasi Kinerja Jaringan Nirkabel Berbasis Radius Server".