PERANCANGAN RECTENNA DUAL BAND DENGAN PATCH RECTANGULAR PADA FREKUENSI 1800 MHZ DAN 2450 MHZ

DESIGN OF RECTANGULAR PATCH DUAL-BAND RECTENNA FOR 1800 MHZ AND 2450 MHZ FREQUENCY

Muhammad Zakiy Burhanudin[1],Levy Olivia Nur[2],Zulfi[3]

[1,2,3]Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung
[1]zakiyburhan@student.telkomuniversity.ac.id,[2]levyolivia@telkomuniversity.ac.id,
[3]zulfitelu@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Wireless Sensor yang beroperasi sepanjang hari memerlukan baterai yang memiliki kapasitas tinggi dan tahan lama. Terlebih lagi jika sensor ditempatkan di daerah yang sulit dijangkau, penggantian baterai menjadi tidak mudah dilakukan. Seiring perkembangan sistem telekomunikasi yang berkembang pesat, hal ini mengarah pada banyaknya sinyal Frekuensi Radio di banyak tempat dan dapat digunakan untuk perangkat nirkabel dengan daya input rendah. Ini dapat dicapai dengan menggunakan rectenna, kombinasi antara antena dan penyearah. Dalam makalah ini diusulkan rectenna patch dual band persegi panjang dengan frekuensi resonansi 1,82 GHz dan 2,438 GHz yang diusulkan. Antena dibuat pada roger RT 5880 dengan konstanta dielektrik 2.2. Model penyearah yang digunakan adalah konfigurasi pengganda tegangan Walton cockroft dengan diode hsms-2820. Gain dari antena yang diusulkan pada frekuensi 1,82 dan 2,43 GHz adalah masing-masing 2,2 dan 4,75 dBi. tegangan output rectenna mencapai 3,5 V ketika sinyal RF yang berasal dari smartphone tethering hotspot dalam jarak 6 cm diberikan. Hasil pengukuran dan simulasi dimuat sebagai informasi pendukung

Kata Kunci: Sinyal RF*, dual-band, rectenna, RT duroid, wireless sensor*

Abstract

Wireless sensors that operate all day long is required to have high capacity and long life battery. Especially if the sensor is placed in a remote area, replacement of batteries become not easy to conduct. As development of telecommunication system is growing rapidly, it leads to abundance of Radio Frequency signal in many places and it can be used for wireless devices with low input power. This can be achieved by using rectenna, a combination between antenna and rectifier. In this paper a rectangular patch dual band rectenna with resonant frequency of 1.82 GHz and 2.438 GHz is proposed. The antenna is fabricated on a rogers RT 5880 with dielectic constant of 2.2. The rectifier model used is a cockroft Walton voltage multiplier configuration with the hsms-2820 diode. The gain of the proposed antenna at frequency of 1.82 and 2.43 GHz is 2.2 and 4.75 dBi respectively. the rectenna output voltage reaches 3.5 V when an RF signal coming from a smartphone tethering hotspot within 6 cm range is given. Measurement and simulation results are contained as supporting information.

Keywords: *RF signal, dual-band, rectenna, RT duroid, wireless sensor*

1. Pendahuluan

Aktivitas gelombang elektromagnetik tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia sehari-hari. Mulai dari penggunaan telepon seluler, siaran radio dan televisi, sistem navigasi laut dan udara bahkan dalam transportasi bawah tanah. Dalam fisika, gelombang elektromagnetik dapat diartikan sebagai gelombang yang berasal dari medan elektromagnetik yang merambat di ruang bebas dan membawa sejumlah energi. Seiring perkembangan teknologi yang berkembang pesat, terutama di bidang telekomunikasi, menyebabkan jumlah sinyal RF meningkat dan mudah ditemukan di berbagai tempat. Dengan melihat ketersediaan yang ditawarkan, sinyal RF berpotensi menjadi sumber energi untuk perangkat elektronik berdaya rendah. Untuk mencapai hal ini, perlu menggunakan perangkat yang dapat mengumpulkan sinyal RF dan mengubahnya menjadi sinyal tegangan DC sehingga dapat digunakan untuk menyalakan perangkat elektronik berdaya rendah.

Rectenna adalah kombinasi antara antena dan penyearah antena, di mana antena digunakan untuk menangkap sinyal RF yang kemudian dikonversi menjadi sinyal DC oleh penyearah. Sinyal RF yang diterima oleh antena memiliki berbagai kepadatan daya di setiap spektrum. Jadi untuk mendapatkan tegangan output maksimum dari rectenna, pemilihan frekuensi kerja yang digunakan oleh rectenna perlu diperhatikan.

Dalam tulisan ini, sebuah rectenna dual-band untuk GSM dan wi-fi band diusulkan. Antena dual-band dicapai dengan menggunakan teknik celah berkelok-kelok. Metode ini efektif untuk mencapai frekuensi resonansi yang lebih rendah untuk antena microstrip [1]. Simulasi antena dan penyearah dilakukan secara terpisah dengan memodelkan sumber sinyal RF 50 ohm di penyearah sebagai input sinyal. Model penyearah adalah

konfigurasi 2-tahap pengali tegangan cockroft Walton. Rogers RT 5880 dengan konstanta dielektrik 2.2 digunakan dengan mempertimbangkan penelitian yang telah dilakukan oleh Anzar, K., Rajesh, N. (2012) bahwa substrat RT duroid memiliki gain lebih tinggi dan bandwidth yang lebih besar di antara bahan lain yang disebutkan dalam [2]. dan tipe dioda HSMS-2820 sebagai komponen penyearah digunakan untuk simulasi dan pembuatan penyearah. Pengukuran sederhana dilakukan dengan menambahkan LED 1,5 V sebagai beban pada keluaran rectenna untuk melihat seberapa optimal penggunaan rectenna sebagai pengganti baterai pada perangkat nirkabel berdaya rendah.

2. Dasar Teori dan Metodologi

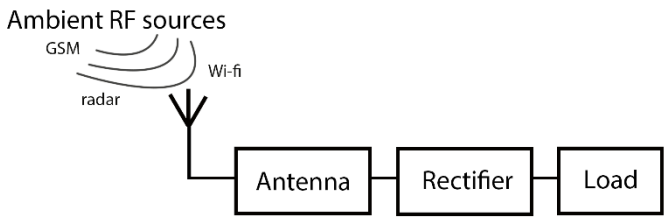
Bab ini berisi tentang definisi dan konsep dasar dari metode-metode yang penulis gunakan untuk merancang tugas akhir ini.

2.1. *Radio Frequency Energy Harvesting*

Energy Harvesting adalah Proses pengumpulan sejumlah energi dari lingkungan sekitar yang dapat berupa angin, cahaya matahari, termal, mekanik dan Gelombang Elektromagnetik(GEM). Jika dibandingkan dengan sumber lain, sinyal Radio Frequency(RF) menjadi solusi alternatif yang paling *reliable* melihat ketersediaannya yang kontinyu. Alat yang digunakan untuk mengumpulkan sinyal RF dan diubah menjadi sinyal DC disebut dengan rectenna

2.2. Sistem *RFEH*

Radio Frequency Energy Harvesting(RFEH) terdiri dari dua bagian utama yaitu antenna dan rectifier. Komponen pendukung lain yang dapat memaksimalkan performa dari sistem *RFEH* adalah filter dan matching circuit. Berikut ini adalah penjelasan dari tiap komponen penyusun sistem *RFEH* []*:*



Gambar 1. Arsitektur *RFEH*

- *Antenna*

Antenna berfungsi sebagai penerima sinyal GEM yang ada di sekitar. Antenna akan menerima sinyal secara optimal dan akan disalurkan ke sistem. Agar diperoleh daya terima yang maksimal, maka impedansi antena harus sama dengan impedansi ruang bebas sekaligus sama dengan impedansi saluran transmisi. Hal tersebut dapat dicapai dengan memasang *matching circuit.*

- *Rectifier*

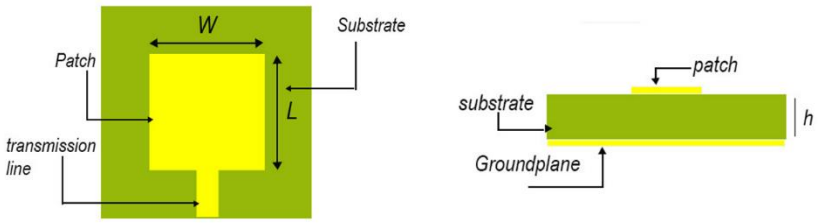
Rectifier berfungsi sebagai penyearah, yang dalam hal ini mengubah sinyal RF menjadi arus DC. Aplikasi lain rectifier adalah voltage multiplier yang berfungsi untuk melipat gandakan tegangan output yang dihasilkan *rectifier* sebelum diteruskan ke Resistansi Beban(RL).

- *Filter:*

Filter berfungsi untuk meredam sinyal pantulan atau sinyal radiasi ulang.

2.3. Antenna microstrip

Antena mikrostrip memiliki karakteristik bentuk sederhana, ringan, dan mudah difabrikasi. antena mirkostrip terdiri dari 3 bagian utama, diantaranya *groundplane*, *substrat* dan *patch*. Desain sederhana antena mikrostrip dapat dilihat pada gambar 2



Gambar 2. Antena mikrostrip.

Dimensi yang dimiliki *antenna microstip* menentukan banyak hal, diantaranya nilai w pada antena mikrostrip menentukan nilai impedansi input. W yang semakin lebar juga dapat memperlebar *bandwidth* yang secara langsung dapat memperkecil nilai impedansi input. Pola radiasi yang dihasilkan nantinya juga dipengaruhi oleh dimensi antenna tersebut[].

2.4. Antenna dual-band

Antena dual-band merupakan antena yang dapat meradiasikan atau menerima gelombang elekromagnetikdengan baik pada dua buah pita frekuensi yang berbeda. Dengan memperhatikan kurva S-11 antenna, dapat diketahui pada frekuensi berapa antenna bekerja dengan baik. Terdapat beberapa cara untuk menghasilkan antenna yang dapat meradiasikan gelombang dengan baik pada lebih dari satu pita frekuensi, diantaranya adalah :

- *Orthogonal-mode dual-frequency patch antennas*
- *Multi-patch dual-frequency antennas*
- *Meandered slit*

2.5. Parameter Antenna

Performansi dari sebuah antena mikrostrip dapat ditentukan berdasarkan nilai paramater yang dihasilkan. Parameter-parameter antena akan dijelaskan pada sub bab berikut []

2.5.1. Polaradiasi Antenna

Pola radiasi antena merepresentasikan bentuk radiasi yang dimiliki antena berupa daya yangdipancarkan antena dalam fungsi kordinat ruang dan biasanya ditentukan dalam daerah medan jauh.
Berikut adalah gambar polaradiasi antena dalam kordinat bola.

2.5.2. *Gain*

Gain atau penguatan merupakan perbandingan intensitas radiasi pada arah tertentu terhadap intensitas radiasi dari semua arah yang berasal dari antena isotropis. Penguatan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$D = 4\pi\left(\frac{U\theta,\phi}{Pin}\right)$$

2.5.3. *Return loss*

Return loss adalah nilai yang menggambarkan seberapa besar daya yang dipantulkan kembali ke sumber yang disebabkan karena impedansi sumber(dalam hal ini saluran transmisi) dan impedansi antenna yang tidak sepadan. Nilai return loss sebanding dengan sebuah fungsi logaritma koefisien pantul kuadrat.

$$returnloss(dB) = 20\log_{10}|\Gamma|$$

Ketika nilai *return loss* semakin besar, maka daya yang diteruskan akan semakin kecil dan artinya akan semakin besar daya yang dipantulkan kembali ke beban.*Antenna* dikatakan dapat meradiasikan Gelombang EM dengan baik pada frekuensi tertentu, jika nilai S-11 atau return loss yang dihasilkan memiliki nilai lebih kecil dari -10 dB pada frekuensi yang diinginkan. Ketika kondisi tersebut tercapai, maka dapat dikatakan antenna dengan saluran sudah matching

3 Pembahasan

Bab ini berisi tentang analisis desain simulasi dan pengukuran prototype dengan membandingkan hasil parameter yang telah diuji.

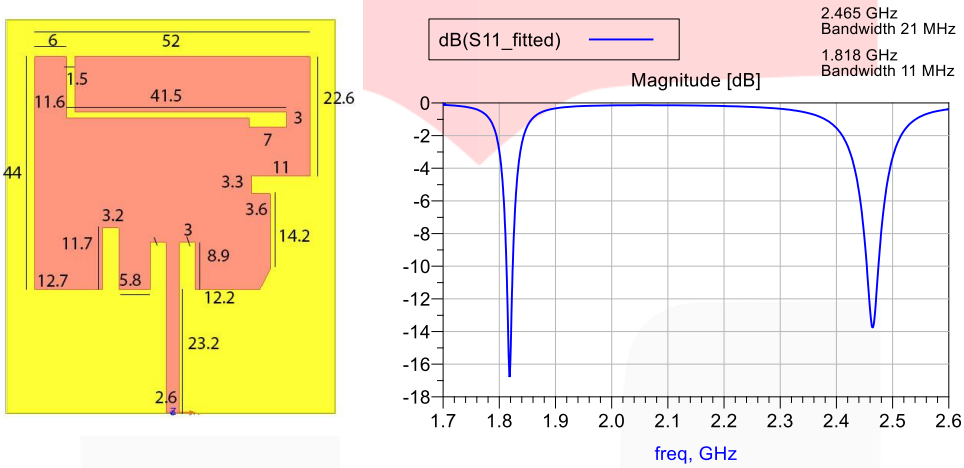
3.1. Desain *antenna*

3.1.1. Spesifikasi *antenna*

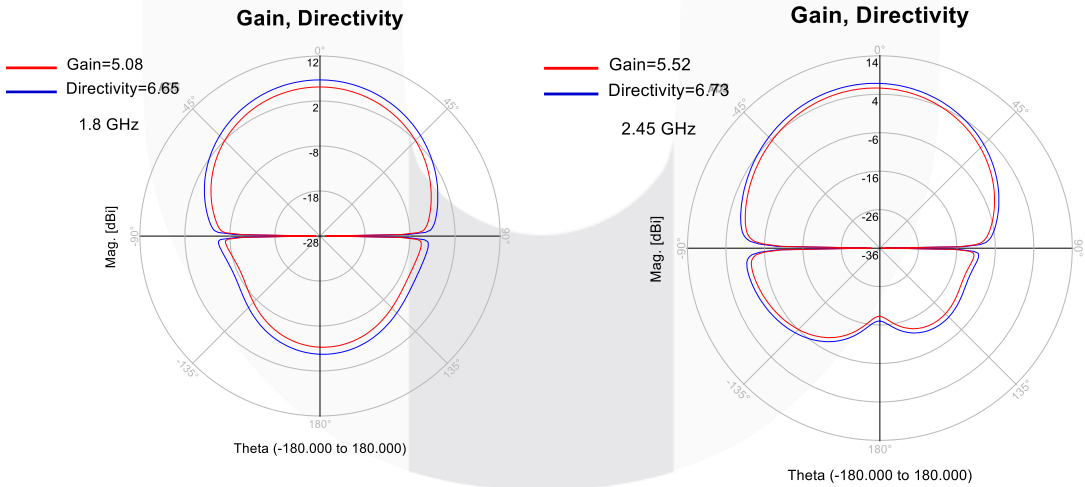
Rogers RT 5880 dengan konstanta dielektrik 2.2 digunakan sebagai *substrate* antenna. Hal Ini bertujuan untuk menghasilkan keuntungan yang tinggi. Semakin kecil nilai permitivitas, semakin mudah biaya untuk bergerak. Itu berarti muatannya akan lebih mudah dipancarkan. Dengan demikian perolehan yang lebih tinggi dapat dicapai.

3.1. Studi performansi dan geometri antenna yang diajukan

Teknik untuk mendapatkan frekuensi dual band adalah celah berliku atau *meandered slit*. Geometri antena yang diusulkan dicapai dengan *trial and error*. Metode ini bertujuan untuk mengubah aliran arus yang melalui *patch*. Jika distribusi arus dari antena frekuensi tunggal terganggu, akan dihasilkan frekuensi resonansi baru karena pemanjangan atau pemendekan jalur distribusi saat ini. Dari hasil simulasi yang terdapat pada Gambar 2, dapat dilihat bahwa S11 dari antena yang diusulkan adalah -17 dB dan -13.9 dB pada 1.818 GHz dan 2.465 GHz dengan bandwidth S11 masing-masing 11 MHz dan 20 MHz.



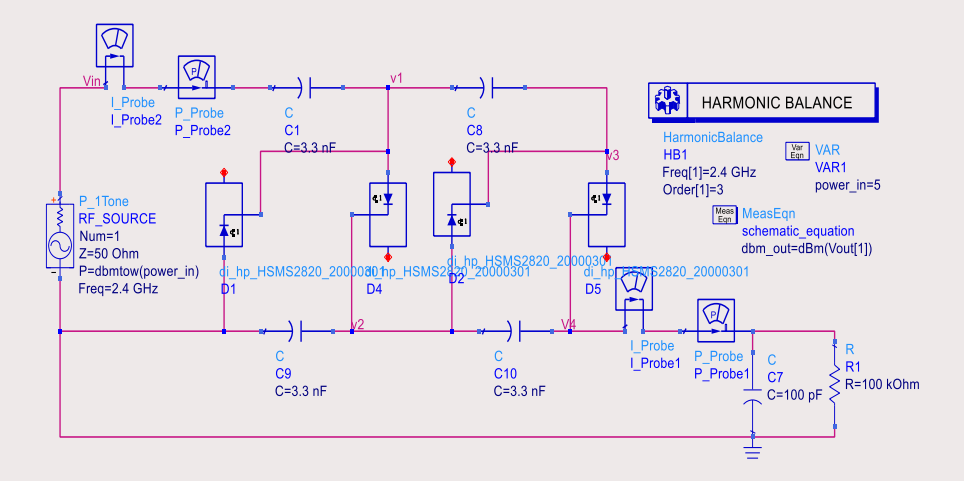
Gambar 3. Geometri antenna dual-band dan hasil simulasi S11.



Gambar 4. Polaradiasi 2D pada phi=0

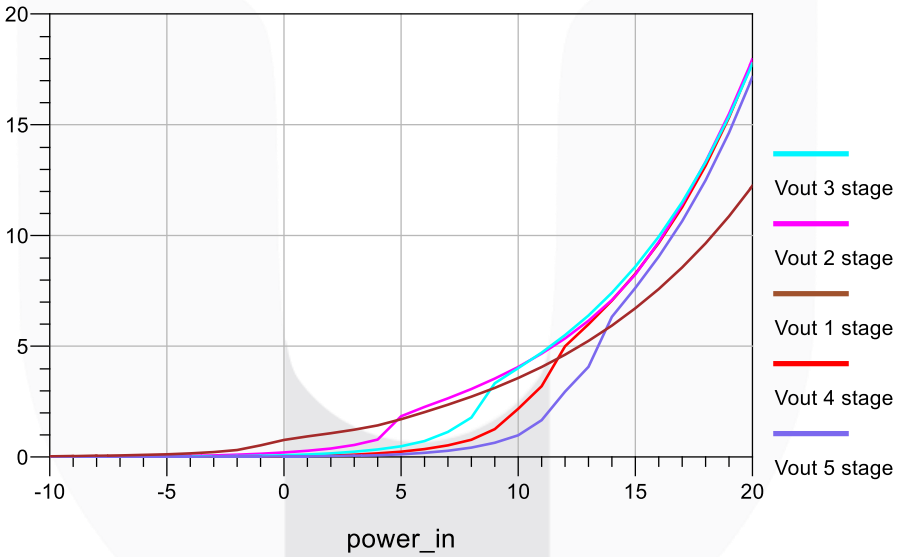
Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4, gain antena pada 1,8 GHz dan 2,45 GHz adalah 5,52 dBi dan 5,08 dBi masing-masing. Nilai penguatan pada kedua pita frekuensi lebih tinggi dibandingkan dengan antena *patch* konvensional dengan substrat FR-4.

3.2. Desain *Rectifier*



Gambar. 5: Desain skematik Rectifier 2 stage.

Dalam tulisan ini *voltage multiplier* dengan tipe konfigurasi *Cockroft Walton* menggunakan dioda HSMS-2820 dan kapasitor keramik disimulasikan. Melihat komponen dioda yang memiliki output nonlinier, simulasi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ADS 2020 untuk menentukan jumlah *stage* dari *rectifier* yang paling optimal dengan melihat kondisi dioda yang sedang jenuh ketika sinyal RF 1,8 GHz dan 2,45 GHz diberikan.



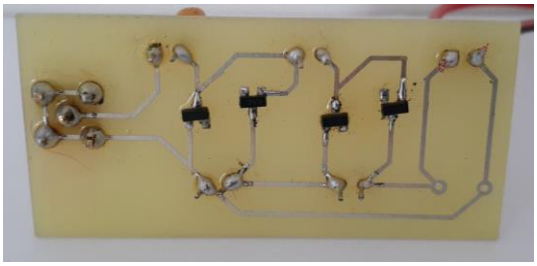
Gambar. 6. Tegangan output stage 1 sampai 5 dengan input sinyal 2.4 GHz -10 sampai 20 dBm

Gambar 3.9 menunjukkan daya input RF -10 hingga 5 dBm dari tahap penyearah 2 memiliki peningkatan tegangan output paling signifikan di antara tahap-tahap lainnya. Ketika daya input RF lebih besar dari 5 dBm, tegangan output menjadi lebih besar karena jumlah tahap meningkat. Tetapi peningkatan tegangan output dari tahap 3 ke 5 tidak jauh berbeda dari tahap 2, sehingga dapat disimpulkan bahwa kondisi saturasi penyearah dengan daya input -10 hingga 20 dBm telah tercapai ketika lebih dari 2 tahap

3.3. Fabrikasi *rectenna* dan pengukuran

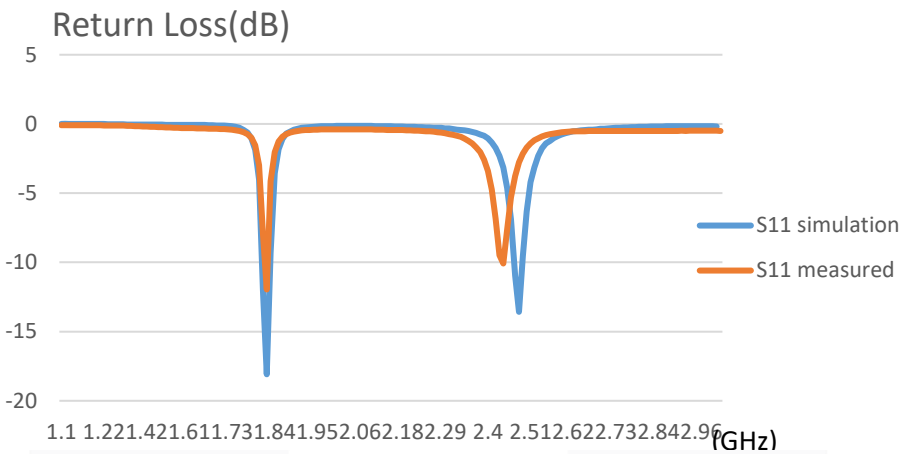
Pembuatan antena dan penyearah dilakukan secara terpisah. Antena dibuat dengan substrat rogers RT 5880 dengan ketebalan 1,57 mm. Dimensi groundplane dari antena yang diusulkan memiliki ukuran yang sama dengan dimensi substrat. Rangkaian penyearah dibuat dengan menggunakan substrat epoksi FR-4.

Gambar 7. Antenna realisasi tampak atas.



Gambar 8. Rectifier realisasi tampak bawah.

3.3.1. Pengukuran antenna

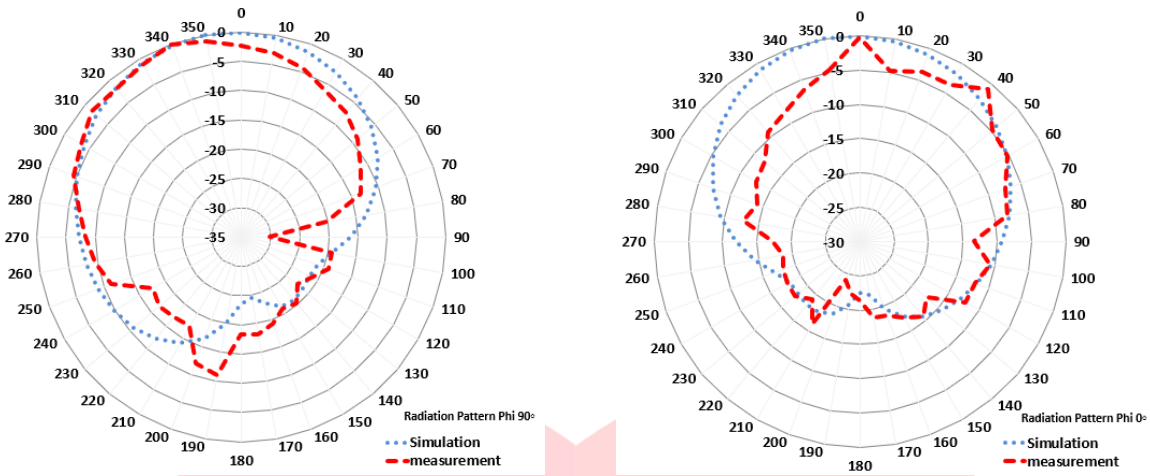


Gambar 9. Hasil S11 simulasi dan pengukuran.

Pengukuran *return loss* antena dilakukan dengan menggunakan Keysight Vector Network Analyzer dan hasil pengukuran S11 diplot bersama dengan hasil simulasi. Pada Gambar 8, bandwidth S11 antena lebih sempit daripada simulasi. Frekuensi resonansi kedua pada antena juga sedikit bergeser.

Table 1: Hasil pengukuran dan simulasi frekuensi resonansi dan *bandwidth*.

Parameter	Frekuensi resonansi ke 1		Frekuensi resonansi ke 2	
	Simulasii	pengukuran	Simulasi	pengukuran
Frekuensi resonansi	1.818 GHz	1.821 GHz	2.465 GHz	2.438 GHz
Bandwidth	11 MHz	6 MHz	21 MHz	2 MHz



Gambar. 10: Polaradiasi pengukuran dan simulasi pada frekuensi 2.45 GHz.

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8, pola radiasi pengukuran mendekati hasil simulasi dengan menunjukkan jenis polaradiasi *unidirectional*. Keuntungan dari antena yang diusulkan dapat diketahui dari persamaan anggaran tautan daya sebagai berikut:

$$GAUT(dB) = Pr(dBm) - Pt(dBm) + Lst(dB) - GAt(dB) + FSL(dB) + Lsr(dB)$$

Dimana;

GAUT(dB) = Gain antenna yang diuji

Pr = Daya terima yang terbaca di spectrum analyzer

Lst = Loss kabel tx

GAt= *Gain antenna transmitter*

FSL = Free space path loss

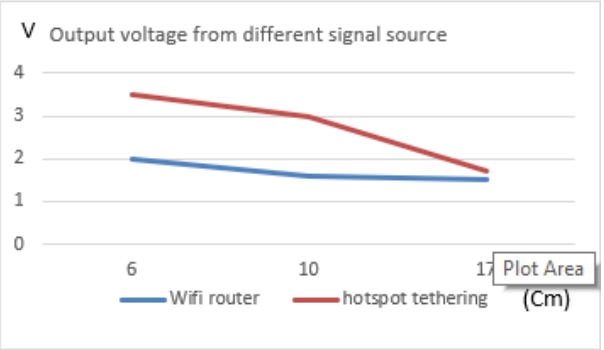
Lsr= Loss kabel rx

Tabel 2: pengukuran gain antenna

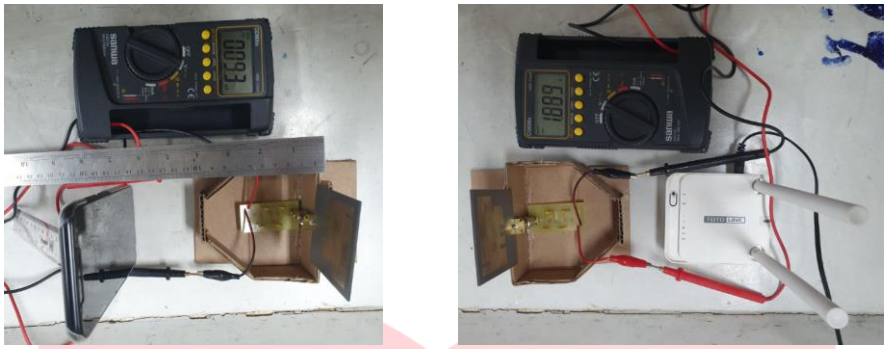
Pr	-31.4 dBm
GAt	8.1 dB
Lst	1 dB
FSL	43.75 dB
Lsr	1 dB
GAUT	5.47 dB

3.3.2. Rectenna Measurement

Pengukuran rectenna hanya dilakukan pada pita frekuensi 2,45 GHz. Pengukuran dilakukan menggunakan sinyal router wi-fi dan tethering hotspot dari smartphone secara bergantian. Untuk menemukan kisaran daya input yang diterima oleh rectenna, kekuatan sinyal dari smartphone tethering hotspot diukur menggunakan aplikasi open signal pada smartphone android sehingga efisiensi konversi rectenna dapat diketahui. Daya penerimaan sinyal pada jarak 6, 10, dan 17 masing-masing adalah -14, -18 dan -21 dBm. Akhirnya, tegangan output pada setiap jarak termasuk dalam grafik berikut



Gambar 11. Tegangan output terhadap jarak sinyal input



Gambar 12. Pengukuran tegangan output *rectenna* menggunakan sumber sinyal RF yang berbeda.

Gambar 13. Pengukuran rectenna dengan menghidupkan lampu LED tegangan forward 1.5 V.

3.3. Kesimpulan

Dual band rectenna pada frekuensi 1,82 GHz dan 2,45 GHz diusulkan. Antena dibuat pada material RT duroid 5880 dengan ketebalan 1,57 mm. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa bandwidth antena pada frekuensi 1,82 GHz dan 2,43 GHz menurun dibandingkan dengan hasil simulasi masing-masing menjadi 6 MHz dan 2 MHz. Pengukuran gain pada frekuensi 2,45 GHz diperoleh sebesar 5.47 dB. Pengukuran menunjukkan bahwa *rectenna* dapat digunakan untuk menyalakan LED dengan tegangan forward 1,5 V. LED tidak menyala terus menerus, fenomena ini mengatakan bahwa tegangan yang diberikan pada LED telah berfluktuasi, sehingga tidak sesuai untuk gunakan pada perangkat nirkabel berdaya rendah yang membutuhkan input stabil

Daftar Pustaka

[1] Hiraswa, K., Haneishi, M., "Analysis Design and Measurement of Small and Low-Profile Antennas," Artech House, London, 1992, Chap. 5

[2] Anzar, K., Rajesh, N., "Analysis of Five Different Dielectric Substrates on Microstrip Patch Antenna," *International Journal of Computer Applications(0975-8887),Volume 55-No.8, 2012*

[3] S,K, Divakaran., D,D,N, Krishna., ``Rf energy harvesting systems: An overview and design issues," *International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering*, 2019.

[4] C,A, Balanis., "*Antenna theory Analysis and Design 3rd Edition*," 2005