

DESAIN ANTENA MIKROSTRIP CROWN PATCH DENGAN SLOT LINGKARAN UNTUK JARINGAN WIRELESS LAN PADA FREKUENSI 2,4 GHZ

Oleh : Yenniwarti Rafsyam¹, Alifia Syifa Fauziah², Jonifan³

Politeknik Negeri Jakarta^{1,2}, Staf Pengajar Universitas Gunadarma Jakarta³

Jl. Prof. Dr. G.A. Siwabessy, Kampus UI Depok¹, Jl. Margonda Raya No. 100 Pondok Cina. Depok²

E-mail : yenniwarti.rafsyam@elektro.pnj.ac.id

Abstrak

Perkembangan dunia teknologi menunjukkan peningkatan yang signifikan pada era modernisasi, terutama di bidang wireless. Wireless Local Area Network (WLAN) merupakan pemanfaatan teknologi wireless yang memerlukan antena sebagai penghubung antara pemancar dan penerima dalam menangkap gelombang elektromagnetik untuk dipancarkan. Antena yang dibutuhkan yakni memiliki biaya pembuatan murah, berukuran kecil serta mudah diintegrasikan dengan peralatan lain sehingga antena yang cocok yakni antena mikrostrip. Pada penelitian ini akan dibahas tentang rancang bangun antena mikrostrip crown patch dengan slot lingkaran sebagai transmitter yang bekerja pada frekuensi 2,412 GHz, menggunakan substrat FR 4 epoxy dengan konstanta dielektrik (ϵ_r) = 4,3, ketebalan substrat (h) = 2,5 mm, dan ketebalan tembaga (t) = 0,1 mm. Dimensi antena mikrostrip didapatkan dari perhitungan dan hasil perhitungan akan disimulasikan menggunakan software CST Microwave Studio Suite 2015. Nilai parameter antena yang diinginkan memiliki spesifikasi return loss < -10dB, VSWR < 2, dan gain > 3 dB dengan pola radiasi bidirectional. Hasil pengukuran parameter antena didapatkan nilai yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan yaitu return loss = -30,0530 dB, VSWR = 1,0695. Hasil pengujian kinerja antena yang didapatkan adalah kualitas level sinyal terbesar 48 dB dan kecepatan transfer data sebesar 44,4 Mbps.

Kata Kunci : Antena Mikrostrip, Crown Patch, WLAN, Frekuensi 2,4 GHz

Abstract

The development of technology shows a significant increase in the era of modernization, especially in the wireless sector. Wireless Local Area Network (WLAN) is use of wireless technology that requires an antenna as a link between the transmitter and receiver in capturing electromagnetic waves to be emitted. The antenna needed is having a cheap manufacturing cost, small size and easy to integrate with other equipment so that the antenna is suitable, namely the microstrip antenna. In this research will be discussed about the design of crown patch microstrip antenna with a circle slot as a transmitter that works at a frequency of 2.412 GHz, using FR 4 epoxy substrate with dielectric constant (ϵ_r) = 4.3, substrate thickness (h) = 2.5 mm, and copper thickness (t) = 0.1 mm. The dimensions of the microstrip antenna obtained from the calculation and the results of the calculation will be simulated using the CST Microwave Studio Suite 2015 software. The antenna results are expected to have a return loss specification < -10dB, VSWR < 2, and gain > 3 dB with bidirectional radiation pattern. After the antenna is fabricated and tested, the specification value is obtained according to the desired return loss = -30.0530 dB, VSWR = 1.0695, the antenna performance test results obtained are the highest signal level quality of 48 dB, the furthest data transfer speed, 44.4 Mbps.

Keywords : Microstrip Antenna, Crown Patch, WLAN, Frequency 2.4 GHz

1. Pendahuluan

Antena mikrostrip dapat didefinisikan sebagai salah satu jenis antena yang mempunyai bentuk seperti bilah atau potongan yang mempunyai ukuran sangat tipis atau kecil dan terbuat dari plat PCB (Utami., dkk, 2017). Struktur dasar antena mikrostrip terdiri atas patch peradiasi,

dielektrik substrat dan ground. Antena mikrostrip memiliki dan bentuk yang ringkas serta mudah dikoneksikan dan diintegrasikan dengan device elektronik lain. Dari beberapa keuntungan yang dimiliki antena mikrostrip memiliki kekurangan yakni mempunyai efisiensi Antena mikrostrip dengan elemen

tunggal biasanya memiliki pola radiasi yang sangat lebar dan setiap elemen memperoleh gain yang kurang baik. Pada banyak aplikasi memerlukan antena dengan keterarahan dan gain yang baik. Antena array adalah salah satu cara untuk mendapatkan keterarahan dan gain yang baik. Antena array terbentuk dari susunan beberapa patch antena yang relatif identik dan bagian yang disusun adalah patch (Elib Unikom, 2018).

Propagasi gelombang permukaan merupakan permasalahan yang serius pada antena mikrostrip. Gelombang permukaan mereduksi efisiensi gain, membatasi rentang frekuensi serta meningkatkan mutual coupling pada antena array. Defected ground structure (DGS) salah satu cara menekan gelombang permukaan dengan meng-etch daerah ground pada substrat dan berbentuk pola slot. Tulisan ini membahas perancangan antena mikrostrip dengan penerapan slot pada bagian ground plane untuk aplikasi wireless LAN pada frekuensi 2,4 GHz (Ike, 2015).

2. Metode Penelitian

Dalam metode ini terdapat beberapa tahapan untuk memperoleh desain antena mikrostrip *crowd patch* dengan slot lingkaran. Tahap pertama yakni menghitung ukuran patch, saluran transmisi, dan pembuatan pola pada sisi *ground plane*. Tahap selanjutnya yakni membuat simulasi pada *software* CST 2015. Setelah melakukan simulasi dilanjutkan dengan melakukan fabrikasi antena mikrostrip. Tahapan selanjutnya yakni melakukan pengujian untuk mengetahui kesesuaian spesifikasi antena yang diinginkan. Tahap terakhir adalah melakukan pengujian fungsi antena untuk diaplikasikan sebagai pengirim sinyal pada perangkat *access point* secara untuk jaringan LAN.

3. Perancangan Antena

Tahapan pertama dalam perancangan antena adalah menentukan spesifikasi antena. Spesifikasi antena yang diinginkan

pada perancangan antena mikrostrip *crowd patch* dengan slot lingkaran seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Spesifikasi Antena Mikrostrip *Crown Patch* dengan Slot Lingkaran

Parameter	Nilai
Frekuensi Kerja	2,412 GHz
<i>Return Loss</i>	≤ 10 dB
VSWR	≤ 2
Pola Radiasi	<i>Bidireksional</i>
<i>Gain</i>	> 3dB
<i>Software Simulasi</i>	CST <i>Design Suite</i> 2015

Spesifikasi bahan dari antena mikrostrip *crowd patch* dengan slot lingkaran seperti pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Spesifikasi Bahan Antena Mikrostrip *Crown Patch* dengan Slot Lingkaran

Parameter	Nilai
Jenis Substrat	FR-4 Epoxy
Konstanta Dielektrik	4,3
Ketebalan Lapisan Dielektrik	2,5 mm
Ketebalan Lapisan Tembaga	0,1 mm
Impedansi Saluran	50Ω

Setelah menentukan spesifikasi tahap selanjutnya adalah melakukan perhitungan untuk menentukan ukuran antena untuk melakukan simulasi. Perhitungan pertama yakni adalah menghitung panjang gelombang menggunakan persamaan [1] .

$$\lambda_o = \frac{c}{f}$$

$$\lambda_o = \frac{3 \times 10^8}{2.412 \times 10^9} = 124 \text{ mm}$$

(1)

Setelah panjang gelombang diketahui, selanjutnya yakni melakukan perhitungan

untuk merancang *patch* antena. Perhitungan awal yakni menghitung radius *patch* lingkaran menggunakan persamaan (2). (Saputro dkk., 2015).

$$a = \frac{F}{\left\{1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r F} \left[\ln \left(\frac{\pi F}{2h} \right) + 1,7726 \right] \right\}^{1/2}} \quad (2)$$

$$= \frac{1,764}{\left\{1 + \frac{2 \times 2,5 \times 10^{-3}}{3,14 \times 4,3 \times 2,412 \times 10^9} \left[\ln \left(\frac{3,14 \times 2,412 \times 10^9}{2 \times 2,5 \times 10^{-3}} \right) + 1,7726 \right] \right\}^{1/2}}$$

$$= 15,2124 \text{ mm}$$

dengan fungsi logaritmik (F) dari elemen peradiasi ditentukan dengan persamaan [3].

$$F = \frac{8,791 \times 10^9}{2,412 \times 10^9 \times \sqrt{\epsilon_r}} \quad (3)$$

$$F = \frac{8,791 \times 10^9}{2,412 \times 10^9 \times \sqrt{4,3}} = 1,7581$$

Setelah mendapatkan nilai radius lingkaran, dilakukan perhitungan dimensi *patch* persegi antena untuk memotong *patch* segitiga untuk mencari lebar *patch* dan panjang *patch*.

Lebar *patch* :

$$W = \frac{c}{2 \times f_r} \times \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (4)$$

$$W = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 2,412 \times 10^9} \times \sqrt{\frac{2}{4,3 + 1}}$$

$$W = 38,14 \text{ mm}$$

Panjang *patch* :

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \left(\frac{h}{w} \right) \right]^{-\frac{1}{2}} \quad (5)$$

$$= \frac{4,3 + 1}{2} + \frac{4,3 - 1}{2} \left[1 + 12 \left(\frac{2,5}{38,14} \right) \right]^{-\frac{1}{2}}$$

$$\epsilon_{eff} = 3,9324$$

$$\Delta_L = \frac{(0,412 \times h) \times (\epsilon_{eff} + 0,3) \left(\frac{w}{h} + 0,264 \right)}{\epsilon_{eff} - 0,258 \left(\frac{w}{h} + 0,813 \right)} \quad (6)$$

$$= \frac{(0,412 \times 2,5) \times (3,9324 + 0,3) \left(\frac{38,14}{2,5} + 0,264 \right)}{(3,9324 - 0,258) \left(\frac{38,14}{2,5} + 0,8 \right)}$$

$$\Delta_L = 1,1468 \text{ mm}$$

$$L_{eff} = \frac{c}{2 \times f_r \times \sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (7)$$

$$L_{eff} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 2,412 \times 10^9 \times \sqrt{3,9324}}$$

$$= 31,3600 \text{ mm}$$

$$L = L_{eff} - 2\Delta_L \quad (8)$$

$$L = 31,3600 \text{ mm} - 2(1,1468 \text{ mm})$$

$$L = 29,0664 \text{ mm}$$

Langkah selanjutnya yaitu menghitung sisi segitiga (*a*) dan jari-jari *patch* segitiga (*R*) menggunakan persamaan (9) (Darsono, 2008).

$$a = \frac{2C}{f_r \sqrt{\epsilon_r}} = \frac{2 \times 3 \times 10^8}{3 \times 2,412 \times 10^9 \sqrt{4,3}} \quad (9)$$

$$= 39,9878 \text{ mm}$$

$$R = \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{39,9878}{\sqrt{3}} = 23,0824 \text{ mm} \quad (10)$$

Setelah melakukan perancangan *patch* antena. Dilakukan perancangan saluran transmisi. Pada perancangan ini, digunakan tiga jenis saluran transmisi, yaitu Wzo dengan impedansi saluran sebesar 50 Ω, Wzt dengan impedansi saluran sebesar 75 Ω dan Wzl dengan impedansi saluran sebesar 100 Ω. Perhitungan saluran transmisi menggunakan persamaan (11), (12), (13), dan (14) (Surjati dkk., 2015) dan (Farid, 2015).

$$W_{Z0} = \frac{377}{\epsilon_r} \left(\frac{h}{Z0} \right) \quad (11)$$

$$= \frac{377}{\sqrt{4,3}} \left(\frac{2,5}{100} \right) = 4,5452 \text{ mm}$$

$$W_{ZT} = \frac{377}{\epsilon_r} \left(\frac{h}{ZT} \right) \quad (12)$$

$$= \frac{377}{4,3} \left(\frac{2,5}{70,7} \right) = 6,4287 \text{ mm}$$

$$W_{ZL} = \frac{377}{\epsilon_r} \left(\frac{h}{ZL} \right) \quad (13)$$

$$= \frac{377}{\sqrt{4,3}} \left(\frac{2,5}{50} \right) = 9,0904 \text{ mm}$$

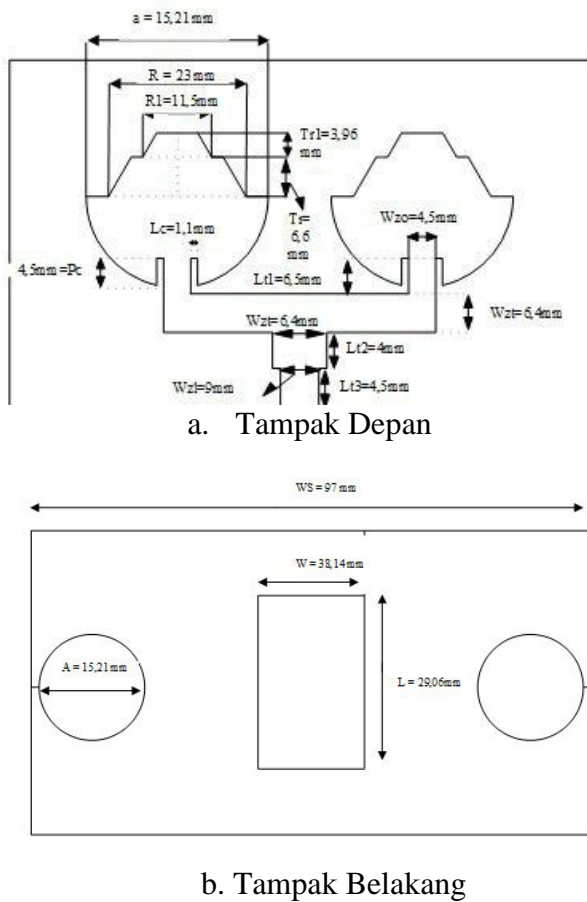
$$L_t = \lambda_d/4 = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r} f} / 4 \quad (14)$$

$$= \frac{3 \times 10^8 / 2,412 \times 10^9}{\sqrt{4,3}} / 4$$

$$= 14,985 \text{ mm}$$

A. Model Rancangan Antena Mikrostrip Crown Patch dengan Slot Lingkaran

Dari perhitungan yang dilakukan maka, diperoleh ukuran elemen antena seperti diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain Antena Mikrostrip *Crown Patch* Dengan Slot Lingkaran (a) Tampak depan (b) Tampak belakang

Setelah didapatkan ukuran elemen antena, langkah selanjutnya adalah mensimulasi desain antena mikrostrip crown patch dengan slot lingkaran pada software CST 2015, untuk mengetahui apakah kinerja antena yang di desain. Hasil simulasi awal

belum memenuhi spesifikasi yang diinginkan yakni *return loss* sebesar -5,4104 dB, *VSWR* 3,3139, sehingga perlu dilakukan optimasi untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dengan mengubah ukuran *patch* antena. Nilai parameter yang didapatkan yakni *return loss* sebesar -28,1379 dB dan *VSWR* yang diperoleh sebesar 1,081. Nilai *gain* yang didapatkan setelah optimasi yakni sebesar 6,416 dB dan pola radiasi yang dihasilkan berbentuk *bidirectional*.

Setelah didapatkan hasil simulasi yang sesuai dengan spesifikasi, maka langkah selanjutnya adalah melakukan fabrikasi pada antena mikrostrip *crown patch* dengan slot lingkaran seperti pada Gambar 2.



a. Tampak Depan



b. Tampak Belakang

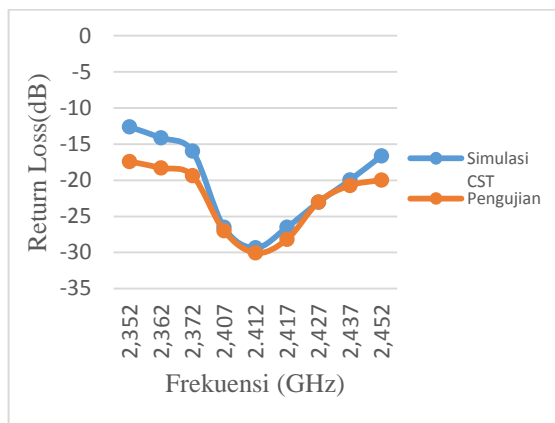
Gambar 2 . Realisasi Antena *Crown Patch* dengan Slot Lingkaran (a) Tampak depan (b) Tampak belakang

4. Hasil dan Pembahasan

Setelah dilakukan tahap perancangan dan fabrikasi, tahap selanjutnya adalah pengujian, untuk mengetahui apakah parameter antena sudah sesuai dengan kebutuhan dan pengujian aplikasi. Pengujian dilakukan di lab uji laboratorium antena. Parameter yang diuji adalah *return loss*, *VSWR*, impedansi, pola radiasi dan

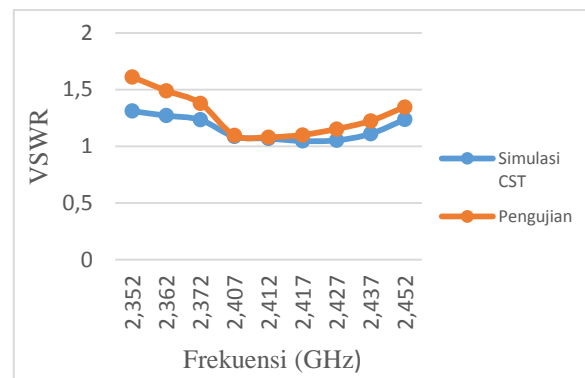
gain. Untuk hasil pengujian didapat return loss sebesar -30,053 dB, VSWR sebesar 1,0695 dan impedansi masukan sebesar 50,5 Ω.

Pengujian *return loss*, VSWR dan nilai impedansi masukan bertujuan untuk mengetahui tingkat ketidak sesuaian antara beban dan saluran transmisi. Berdasarkan hasil pengujian *return loss* antenna mikrostrip *crown patch* dengan slot lingkaran pada simulasi *software* CST 2015 adalah -28,1379 dB pada frekuensi kerja 2,412 GHz. Hasil tersebut memiliki selisih antara nilai simulasi perancangan menggunakan *software* dan hasil pengujian realisasi antenna sebesar -1,9151 dB. Pergeseran *return loss* masih dapat ditoleransi karena nilai *return loss* masih dibawah spesifikasi yang diharapkan yakni lebih kecil dari -10 dB. Grafik perbandingan antara simulasi dan pengujian hasil fabrikasi antenna dapat di lihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Perbandingan hasil simulasi dan pengujian untuk *Return Loss*, Parameter VSWR memiliki nilai yang hampir sama antara simulasi dan pengujian hasil fabrikasi, yaitu parameter VSWR dari simulasi sebesar 1,0815. Sementara hasil pengujian antenna yang telah difabrikasi memiliki nilai VSWR sebesar 1,0695. Dalam hal ini nilai pengujian antenna fabrikasi lebih baik dibandingkan dengan hasil simulasi. Dari hasil tersebut didapatkan nilai VSWR yang sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan yakni < 2

dimana hasil VSWR dapat dikatakan baik karena nilai VSWR mendekati 1. Semakin kecil nilai *return loss*, maka nilai VSWR juga akan semakin kecil hal ini disebabkan karena *return loss* merupakan bentuk logaritmik dari koefisien refleksi dan perhitungan VSWR menggunakan nilai tersebut pula sehingga hubungan antara *return loss* dan VSWR berbanding lurus. Grafik perbandingan antara simulasi dan pengujian realiasi terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Perbandingan hasil simulasi dan pengujian untuk VSWR.

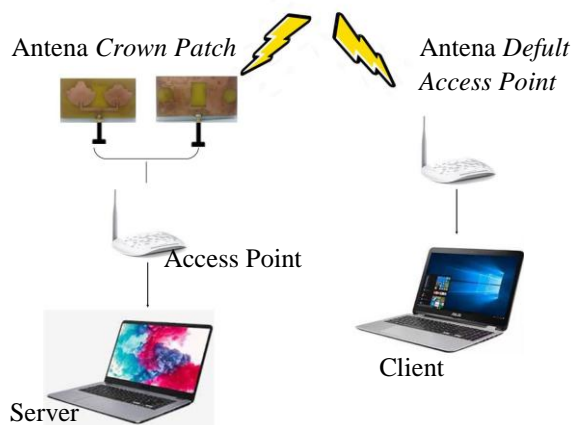
Tabel 3. Perbandingan nilai parameter hasil simulasi dan Pengujian untuk antenna *Crown Patch* dengan slot lingkaran

Parameter	Spesifikasi	Simulasi	Pengujian
<i>Return Loss</i>	≤ -10 dB	-28,13 dB	-30,05 dB
VSWR	≤ 2	1,0815	1,0695
Gain	> 3dB	6,4 dB	6,6 dB
Impedansi masukan	50 Ω	48,692Ω	50,5Ω

Setelah melakukan pengukuran parameter antenna, selanjutnya melakukan pengujian fungsi antenna untuk diaplikasikan sebagai pengirim sinyal pada perangkat *access point* secara *wireless* untuk jaringan LAN. Dalam metode ini terdapat beberapa tahapan untuk menguji fungsi antenna mikrostrip *crown patch* dengan slot lingkaran sebagai antenna *transmitter* untuk aplikasi jaringan *wireless* LAN. Tahap pertama yakni dengan mengukur kuat

sinyal yang dimiliki oleh antenna menggunakan *access point* sebagai media perantara. Selanjutnya melakukan pengujian *throughput* untuk mengetahui kecepatan pengiriman data dalam kondisi LOS (luar ruangan) dan NLOS (dalam ruangan) dengan lokasi pengujian Laboratorium Telekomunikasi PNJ.

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kuat sinyal yang dimiliki oleh antenna mikrostrip *crown patch* dengan slot lingkaran bila dibandingkan dengan antenna *default* bawaan *access point*. Pengujian dilakukan di Laboraturium Telekomunikasi, Politenik Negeri Jakarta. Pengujian dilakukan dalam dua keadaan yakni LOS (*Line of Sight*) dan NLOS (*Non Line of Sight*). Gambar 5 merupakan set-up rangkaian menggunakan antenna mikrostrip *crown patch* dengan slot lingkaran sebagai *transmitter* dengan antenna *default access point* sebagai *receiver*.



Gambar 5. Set up Rangkaian Pengujian Aplikasi.

Setelah merangkai antenna sesuai dengan *set up* rangkaian., maka dilakukan pengujian kuat sinyal antenna yang terbaca oleh *access point* dan *throughput* kecepatan pengiriman data. Hasil pengujian kuat sinyal terhadap antenna *crown patch* dengan slot lingkaran ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Sinyal Antena

Crown Patch dengan Slot Lingkaran dengan Antena *Default* Dalam Keadaan LOS dan NLOS

Jarak(m)	Kuat Sinyal (dB)	
	LOS	NLOS
10	48	45
20	42	43
30	40	40
40	40	35
50	38	28
60	33	-
70	26	-
80	25	-
90	23	-
100	19	-

Dari hasil pengujian antenna untuk aplikasi WLAN, antenna mikrostrip *crown patch* dengan slot lingkaran memiliki nilai terbesar pada jarak 10 meter saat pengujian kuat sinyal. Kuat sinyal dipengaruhi oleh jarak yakni semakin jauh jarak Antara antenna *transmitter* dan *receiver* maka kuat sinyal akan semakin kecil. Untuk nilai LOS dan NLOS terdapat perbedaan rentang nilai kuat sinyal yang terbaca. Nilai NLOS memiliki nilai lebih kecil dibandingkan nilai LOS dimana terdapat banyak penghalang (*obstacle*) sepanjang jalur transmisi.

Selanjutnya adalah pengujian *throughput* yang dilakukan dalam dua kondisi yakni LOS dan NLOS mulai dari jarak 10 meter hingga 100 meter. Hasil pengujian *throughput* terhadap antenna *crown patch* dengan slot lingkaran ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian *Throughput* Antena *Crown Patch* dengan Slot Lingkaran dengan Antena *Default* Dalam Keadaan LOS dan NLOS

Jarak(m)	<i>Throughput</i> (Mbps)	
	LOS	NLOS
10	44,3	41,7
20	40,5	37,1
30	40,9	37,0
40	41,2	36,8
50	40,9	34,4
60	40,3	-

70	13,7	-
80	10,4	-
90	4,9	-
100	236 Kbps	-

Nilai yang didapatkan pada pengukuran *throughput* dalam keadaan LOS dan NLOS memiliki perbedaan. Keadaan NLOS memiliki nilai yang lebih kecil disebabkan oleh kondisi tempat pengujian yang terdapat banyak penghalang sehingga daya pancar antenna menjadi terarah sehingga kecepatan data menjadi tidak maksimal dibandingkan dengan keadaan LOS.

5. Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan bab sebelumnya, maka dapat diperoleh kesimpulan bahwa :

1. Dari hasil simulasi dan pengukuran antenna mikrostrip *crown patch* dengan slot lingkaran didapatkan nilai *return loss* pada simulasi sebesar -28,1379 dB dan hasil pengukuran sebesar -30,053 dB, untuk nilai VSWR simulasi sebesar 1,0815 dan hasil pengukuran sebesar 1,0695. Kemudian gain yang didapat pada simulasi sebesar 6,4 dB dan hasil pengukuran sebesar 6,6 dB .
2. Hasil pengujian yang dilakukan terhadap kuat sinyal diperoleh nilai terbesar 48 dB keadaan LOS dan 45 dB saat keadaan NLOS pada jarak 10 meter. Nilai *throughput* terbesar yang diperoleh yakni 44,3 Mbps dalam keadaan LOS dan 41,7 Mbps dalam keadaan NLOS pada jarak 10 meter.

DAFTAR PUSTAKA

- Darsono., M.,2008. "Perancangan Antena Mikrostrip Patch Segitiga Polarisasi Lingkaran untuk Aplikasi Global Positioning Service (GPS) pada Satelit Mikro LAPAN-TUBSAT". Jurnal Teknik Elektro, Vol.18 No.2.
- Farid., 2016. "Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip Patch Circular 2.4 GHz untuk Aplikasi

- Wireless LAN" <http://elib.unikom.ac.id> (diakses 23 Juli 2018).
- Ike, Yuni., 2015. "Materi Antena". <http://repository.mercubuana.ac.id> (diakses 22 Juli 2018).
- Lubis, Zulkifli., 2014. "Pengaruh Posisi Antena Terhadap Sinyal Gelombang Antena Yagi Alumunium". Jurnal Dinamis, Vol.II No.14.
- Saputro, Setyaji., Fadilla, Dwi., Yuwono, Rudy., 2015. "Perancangan Antena Mikrostrip Crown Patch dengan Slot Lingkaran untuk Aplikasi CCTV New 3000 Microwave Image Transmission System dengan Frekuensi Kerja 2,4 Ghz". 2015. Malang.
- Syahrial., Munadi, Rizal., Malik, Abdul., 2015."Analisis Perbandingan Kualitas Jaringan LAN(WLAN) dengan Menggunakan Antena Eksternal Yagi 2.4 GHz dan Grid 2.4 GHz". Seminal Nasional Teknik Elektro.
- Utami, Dwi., Setiajati, Dalu., Pebrianto, Daniel. 2017."Rancang Bangun Antena Mikrostrip Persegi Panjang 2.4 GHz untuk Aplikasi Wireless Fidelity (Wi-Fi)". Jurnal Nasional Teknik Elektro, Vol.6 No.3.
- www.elib.unikom.ac.id (diakses 22 Juli 2018