

Perancangan dan Analisis Antena Untuk Gateway IoT Menggunakan Konektivitas Wifi dengan Frekuensi 2,4 GHz

1st Lestari Rahma Hasanah
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

lestarirh@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Aloysius Adya Pramudita
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

pramuditaadya@telkomuniversity.ac.id

3rd Dharu Arseno
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

darseno@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Gateway IoT adalah salah satu arsitektur IoT yang memungkinkan untuk mengumpulkan data dari sensor atau device dan kemudian mengirimkannya ke cloud atau internet dengan sebuah antena yang dibutuhkan untuk memancarkan dan menerima gelombang elektromagnetik. Antena yang saat ini banyak digunakan untuk komunikasi tanpa kabel salah satunya adalah antena mikrostrip. Namun antena mikrostrip memiliki pola radiasi *directional*, sehingga arah pancarnya ke arah tertentu saja. Hal ini tidak cocok dengan pola radiasi yang dibutuhkan oleh gateway IoT. Pada tugas akhir ini digunakan metode array pada antena mikrostrip dengan susunan melingkar. Kombinasi pola radiasi dari setiap elemen antenanya dapat membentuk pola radiasi *omnidirectional*. Dengan demikian, susunan antenanya dapat memiliki arah pancar yang merata. Hal ini cocok untuk diterapkan pada gateway IoT. Penulis mengusulkan antena untuk gateway IoT pada protokol Wifi (IEEE 802.11) dengan frekuensi 2,4 GHz. Antena yang dirancang memiliki hasil pengukuran return loss sebesar -22,577 dB dengan pergeseran frekuensi di 2,228 GHz. VSWR yang didapatkan pada saat pengukuran terjadi pergeseran frekuensi yaitu ada di 2,228 GHz dengan VSWR sebesar 1,16058. Hasil pola radiasi dari antena array yang disusun melingkar yaitu pola radiasi *omnidirectional* dengan gain sebesar 2,759 dB. Polarisasi yang dihasilkan yaitu polarisasi linear.

Kata kunci—antena mikrostrip, array, rectangular, gateway IoT.

I. PENDAHULUAN

IoT (*Internet of Things*) sudah menjadi bagian dari kehidupan modern yang serba otomatis di zaman sekarang ini. IoT (*Internet of Things*) menyediakan sarana untuk menghubungkan berbagai macam hal ke internet, mulai dari benda sehari-hari hingga perangkat yang lebih canggih. Perangkat IoT terbagi dalam tiga kategori utama yaitu sensor, aktuator, dan gateway [1]. Gateway IoT adalah salah satu arsitektur IoT yang bertujuan untuk menjembatani komunikasi antara

sensing atau *controllable things* dengan sistem berbasis cloud melalui Internet [2]. Gateway memungkinkan untuk mengumpulkan data dari sensor atau device dan kemudian mengirimkannya ke cloud atau internet dengan sebuah antena yang dibutuhkan untuk memancarkan dan menerima gelombang elektromagnetik. Gateway IoT harus mendukung standar dan protokol jaringan yang ada. Pada *wireless technologies* sistem IoT, terdapat beberapa pilihan teknologi pada konektivitas yang paling umum digunakan diantaranya yaitu Wi-Fi, Bluetooth dan Bluetooth Low Energy (BLE), Zigbee, dan LoRa [3]. Protokol yang paling sering digunakan dalam pengaplikasian IoT adalah protokol Wifi (IEEE 802.11) [4].

Pemilihan antena yang akan digunakan pada gateway IoT pun penting untuk diperhatikan. Antena yang dibutuhkan adalah antena yang tidak hanya memancarkan sinyal ke arah tertentu saja, tetapi dibutuhkan antena yang dapat memancarkan sinyal secara merata ke segala arah. Jenis pola radiasi *omnidirectional*. Dengan pola radiasi *omnidirectional*, antena gateway IoT dapat meningkatkan area cakupan gateway sehingga dapat lebih merata menjangkau banyak device IoT. Antena yang saat ini banyak digunakan untuk komunikasi tanpa kabel salah satunya adalah antena mikrostrip.

Antena mikrostrip memiliki bentuk yang sederhana, ringan, dan mudah difabrikasi. Antena mikrostrip memiliki pola radiasi *directional*, sehingga arah pancarnya hanya ke arah tertentu saja. Hal ini tidak cocok dengan pola radiasi yang dibutuhkan oleh gateway IoT, namun masih dapat diatasi dengan berbagai metode maupun mencoba merancang antena dengan bentuk-bentuk yang berbeda. Salah satu solusi yang dapat ditawarkan yaitu dapat dilihat pada penelitian yang sudah ada [5] yaitu dengan menggunakan metode array pada antena mikrostrip dengan susunan melingkar. Kombinasi dari pola

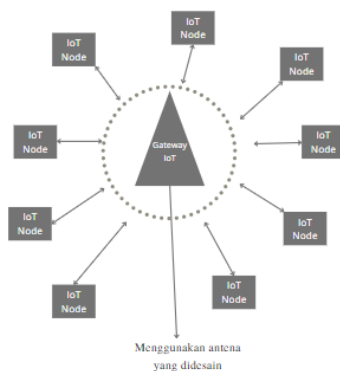
radiasi pada setiap elemen antenanya dapat membentuk pola radiasi *omnidirectional*. Dengan demikian, susunan antenanya dapat memiliki arah pancar yang merata. Hal ini cocok untuk diterapkan pada *gateway* IoT.

Dalam Tugas Akhir ini, penulis mengusulkan antenna untuk *gateway* IoT pada *protocol* Wifi (IEEE 802.11) dengan frekuensi 2,4 GHz menggunakan metode *array* yang disusun melingkar. Antena yang dirancang dan dianalisis memiliki pola radiasi yang dibutuhkan untuk *gateway* IoT yaitu pola radiasi *omnidirectional*. Hal itu agar pancaran dari antenna dapat memancar secara merata ke segala arah.

II. KAJIAN TEORI

A. Gateway IoT

Secara umum, perangkat IoT terbagi dalam tiga kategori utama yaitu sensor, aktuator, dan *gateway* [1]. *Gateway* IoT adalah salah satu arsitektur IoT yang bertujuan untuk menjembatani komunikasi antara *sensing* atau *controllable things* dengan sistem berbasis *cloud* melalui Internet [2].



GAMBAR 2.1
ILUSTRASI PANCARAN ANTENA GATEWAY IOT

Gateway memungkinkan untuk mengumpulkan data dari sensor atau *device* dan kemudian mengirimkannya ke *cloud* atau internet. *Gateway* IoT seharusnya mendukung beberapa protokol komunikasi, baik nirkabel maupun kabel. Pada *wireless technologies* sistem IoT, terdapat beberapa pilihan teknologi pada konektivitas yang paling umum digunakan diantaranya yaitu Wi-Fi, *Bluetooth* dan *Bluetooth Low Energy* (BLE), Zigbee, dan LoRa [3]. Protokol yang paling sering digunakan dalam pengaplikasian IoT adalah *protocol* Wifi (IEEE 802.11) [4]. Protokol-protokol tersebut sebagai metode komunikasi antar perangkat IoT.

B. Antena

Antena didefinisikan oleh Webster's Dictionary sebagai sebuah alat atau perangkat yang biasanya terbuat dari logam berbentuk batang ataupun kawat

untuk mengirimkan dan menerima sebuah gelombang radio. Antena adalah struktur transisi antara ruang bebas dan perangkat pemandu (*guiding device*). Adapun perangkat pemandu (*guiding device*) atau saluran transmisi dapat berbentuk saluran koaksial atau pipa berongga (*waveguide*), dan digunakan untuk mengangkut energi elektromagnetik dari sumber transmisi ke antena, atau dari antena ke penerima [6].

C. Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip adalah salah satu antena yang paling populer saat ini. Antena mikrostrip mudah untuk diinstalasi, mudah dibuat, dan memiliki biaya yang rendah. Antena mikrostrip juga memiliki pola radiasi *directional* sehingga arah pancar antenanya hanya ke arah tertentu saja. Antena mikrostrip tersusun dari tiga bagian diantaranya :

1. Patch

Patch adalah bagian yang terletak di paling atas dari antena. *Patch* terbuat dari bahan konduktor yang memiliki fungsi untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik ke udara [7]. Adapun untuk jenis-jenis *patch* pada antena antara lain yaitu bentuk *circular*, *rectangular*, *triangle*, dan lain-lain.

2. Substrat

Ada banyak substrat yang dapat digunakan untuk desain antena mikrostrip. Konstanta dielektrik biasanya dalam kisaran $2,2 \leq \epsilon_r \leq 12$. Konstanta yang paling diinginkan untuk kinerja antena yang baik adalah substrat yang tebal dan konstanta dielektriknya berada di ujung bawah jangkauan karena mereka memberikan efisiensi yang lebih baik dan *bandwidth* yang lebih besar [8].

3. Groundplane

Groundplane yaitu lapisan paling bawah yang berfungsi sebagai reflektor yang memantulkan sinyal yang tidak diinginkan [7].

D. Antena Mikrostrip Patch Rectangular

Antena *patch rectangular* merupakan salah satu antena yang banyak digunakan dalam perancangan antena, selain itu juga mudah dalam proses pabrikasi. Pada perancangan antena mikrostrip *rectangular*, untuk mencari nilai lebar *patch* dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut [6]:

$$W = \frac{v_0}{2f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (2.1)$$

dimana v_0 merupakan kecepatan cahaya di *free-space* yaitu 3×10^8 m/s, f_r merupakan frekuensi resonansi, dan ϵ_r adalah konstanta dielektrik.

Adapun untuk mencari panjang *patch* pada antena *microstrip rectangular* dapat dicari menggunakan persamaan berikut [6]:

$$L = \frac{1}{2f_r \sqrt{\epsilon_{reff}} \sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} - 2\Delta L. \quad (2.2)$$

dimana ϵ_{eff} merupakan konstanta dielektrik efektif dan ΔL adalah pertambahan panjang.

Untuk mencari dimensi *ground plane*, dapat dihitung dengan persamaan berikut [12]:

$$W_g = 6h + W. \quad (2.3)$$

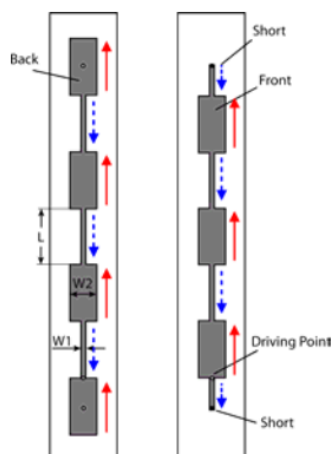
$$L_g = 6h + L. \quad (2.4)$$

E. Antena Array

Antena *array* pada umumnya tersusun atas beberapa elemen peradiasi berupa susunan geometri dengan metode susunan tertentu sehingga didapatkan pola radiasi yang diinginkan [14]. Dalam implementasinya, elemen-elemen pada antena *array* adalah identik. Metode *array* dapat digunakan untuk menghasilkan pola radiasi *omnidirectional* dengan susunan melingkar [5]. Kombinasi pola radiasi pada setiap elemen antenanya dapat membentuk pola radiasi *omnidirectional*.

F. Collinear Array

Collinear array merupakan rangkaian antena *dipole* yang dirangkai menjadi satu kesatuan sistem antena. Dirancang sedemikian rupa, sehingga elemen yang sesuai dari masing-masing antena paralel dan *collinear* terletak di sepanjang sumbu yang sama. Dalam penyusunan antenanya akan membangkitkan penguatan *gain*, artinya semakin banyak rangkaianannya maka semakin besar *gain* yang dihasilkan [15]. *Collinear array* adalah antena yang memiliki pola radiasi hampir ke segala arah atau *omnidirectional*. Antena memancarkan kekuatan radio yang sama di semua arah azimuth tegak lurus terhadap antena [16].

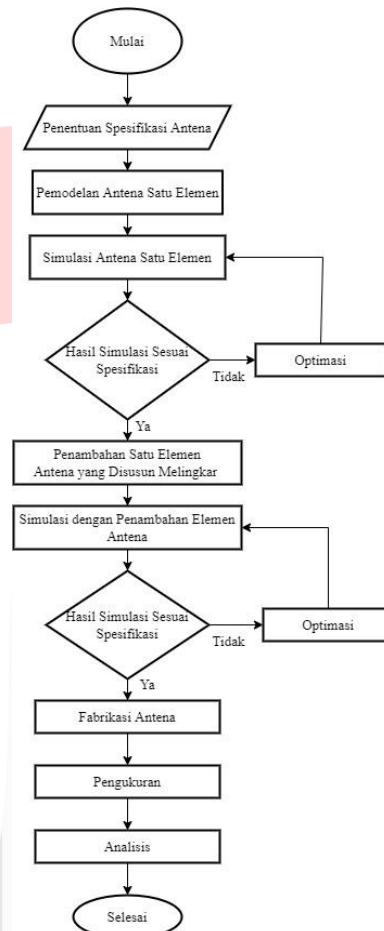


GAMBAR 2.2
CONTOH COLLINEAR ARRAY [17]

III. METODE

A. Desain Sistem

Pada tugas akhir ini, akan dirancang dan direalisasikan antena mikrostrip untuk *gateway* IoT menggunakan konektivitas Wifi dengan frekuensi 2,4 GHz. Antena akan dirancang menggunakan metode *array* yang disusun melingkar. Hal tersebut guna mendapatkan pola radiasi antena yang dibutuhkan *gateway* IoT.



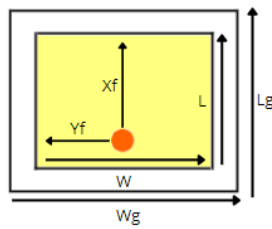
GAMBAR 3.1
DIAGRAM ALIR PERANCANGAN ANTENA

Sebelum melakukan simulasi pada antena menggunakan metode *array* dengan beberapa elemen antena, dilakukan simulasi pada satu elemen antena terlebih dahulu sampai mendapatkan hasil yang sudah sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan. Antena mikrostrip *array* yang dirancang sebisa mungkin didesain dengan jumlah elemen yang tepat dan dapat menghasilkan spesifikasi parameter yang diinginkan. Penambahan elemen pada antena *array* dilakukan secara bertahap.

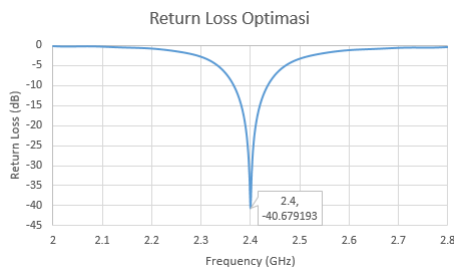
B. Simulasi Antena Satu Elemen

Simulasi pada satu elemen antena dilakukan menggunakan *software* yang mendukung dengan nilai-nilai dari setiap parameter yang sudah ditentukan dan

dihitung sebelumnya. Berikut desain dan hasil simulasi dari parameter-parameter yang ada :

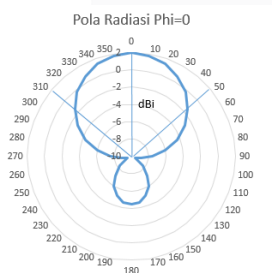


GAMBAR 3.2
DIMENSI AWAL SATU ELEMEN ANTENA



GAMBAR 3.3
RETURN LOSS SETELAH OPTIMASI

Dapat dilihat pada Gambar 3.3, *return loss* yang didapatkan pada frekuensi kerja 2,4 GHz sebesar -40,679 dB. Nilai tersebut sudah memenuhi spesifikasi *return loss* yang diinginkan antenna yaitu ≤ -10 dB.



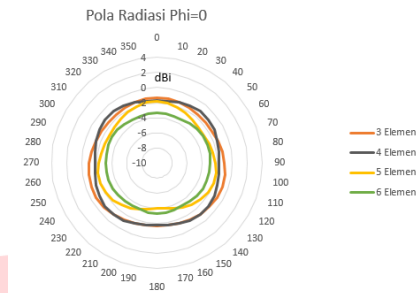
GAMBAR 3.4
POLA RADIASI SETELAH OPTIMASI

Dapat dilihat pola radiasi antenna pada Gambar 3.4 menghasilkan pola radiasi *directional* yang memiliki pola pancaran ke satu arah saja. Hal ini belum sesuai dengan spesifikasi pola radiasi antenna yang diinginkan yaitu pola radiasi *omnidirectional* yang memiliki pola pancaran ke segala arah. Sedangkan nilai *gain* yang dihasilkan antenna sebesar 1,960 dBi. Hasil tersebut sudah memenuhi spesifikasi *gain* antenna yang diinginkan yaitu ≥ 1 dB.

Hasil simulasi antenna satu elemen pada frekuensi 2,4 GHz dapat dilihat bahwa *gain* dan *return loss* sudah memenuhi spesifikasi yang diinginkan kecuali pola radiasi. Pola radiasi yang dihasilkan masih pola radiasi *directional*. Sedangkan pola radiasi yang diinginkan yaitu pola radiasi *omnidirectional* yang dapat memancar ke segala arah. Untuk mengatasinya, antenna perlu disusun melingkar guna mendapatkan hasil pola radiasi *omnidirectional*.

C. Simulasi dengan Beberapa Elemen Antena

Dimensi dan spesifikasi pada beberapa elemen antenna yang akan disusun melingkar ditentukan berdasarkan hasil dari optimasi pada satu elemen antenna yang sudah didapatkan sebelumnya.



GAMBAR 3.3
PERBANDINGAN POLA RADIASI SETIAP
PENAMBAHAN ELEMEN ANTENA

Berdasarkan Gambar 3.5, bentuk pancaran yang merata yaitu ketika penambahan empat elemen antenna. Selain melihat dari bentuk pola radiasi, dapat juga dengan menghitung varians dari grafik kartesian pola radiasi. Nilai varians menunjukkan seberapa jauh sebuah kumpulan bilangan tersebar. Jika nilai varians bernilai nol, maka menunjukkan bahwa semua nilai sama.

TABEL 3.1
HASIL VARIANS POLA RADIASI ANTENA

Antena	Varians	
	dB	Numerik
Tiga Elemen	0,081339	1,018905
Empat Elemen	0,064896	1,015055
Lima Elemen	36,93637	4938,982
Enam Elemen	31,90359	1550,098

Berdasarkan hasil varians pada tabel diatas, dapat dilihat bahwa nilai varians yang mendekati nol yaitu pada saat empat elemen antenna yang disusun melingkar.

Karena *gain* antenna masih bernilai minus dan belum memenuhi spesifikasi yang diinginkan, maka tahapan selanjutnya perlu melakukan penyusunan antenna dengan metode *collinear array* pada setiap sisi antenna yang disusun melingkar guna meningkatkan nilai *gain* pada antenna. Jumlah *collinear array* antenna yang disusun sebanyak empat elemen antenna dengan empat sisi, sesuai dengan jumlah yang dipilih berdasarkan pola radiasi yang diinginkan.

Untuk menghitung lebar *feeder* dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

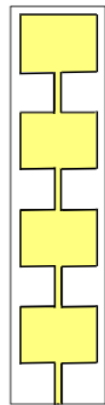
$$\frac{W_f}{h} = \frac{2}{\pi} \left[B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left(\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right) \right]$$

Dengan :

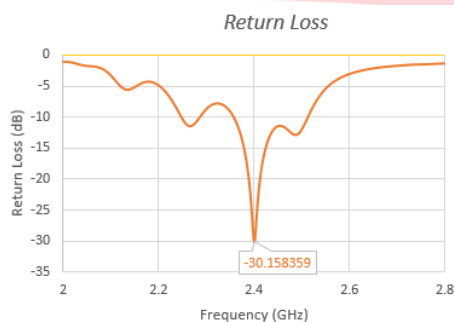
$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{60\pi^2}{50\sqrt{4,3}} = 5,7$$

$$\frac{W_f}{h} = \frac{2}{\pi} \left[5,7 - 1 - \ln((2)(5,7) - 1) + \frac{4,3-1}{(2)(4,3)} \left\{ \ln(5,7 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{4,3} \right\} \right]$$

$$W_f = 1,9399 \times h \text{ (sebesar 1,6)}$$

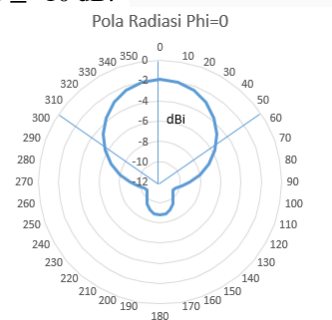


GAMBAR 3.6
DESAIN SATU ANTENA ARRAY

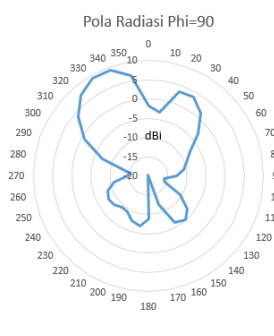


GAMBAR 3.7
RETURN LOSS SATU ANTENA ARRAY

Dapat dilihat pada Gambar 3.7, *return loss* yang didapatkan sebesar -30,158 dB. Nilai tersebut sudah memenuhi spesifikasi *return loss* yang diinginkan antenna yaitu ≤ -10 dB.



(a) Pola Radiasi pada Bidang Azimuth



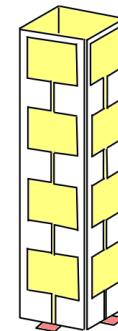
(b) Pola Radiasi pada Bidang Elevasi

GAMBAR 3.8

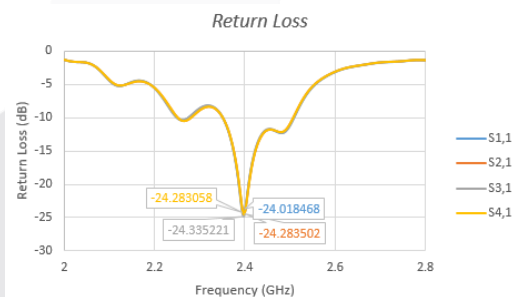
POLA RADIASI SATU ANTENA ARRAY

Dapat dilihat pola radiasi antenna pada Gambar 3.8 menghasilkan pola radiasi *directional* yang memiliki pola pancaran ke satu arah saja. Hal ini belum sesuai dengan spesifikasi pola radiasi antenna yang diinginkan yaitu pola radiasi *omnidirectional* yang memiliki pola pancaran ke segala arah. Sedangkan nilai *gain* yang dihasilkan antenna sebesar 4,844 dBi. Hasil tersebut sudah memenuhi spesifikasi *gain* antenna yang diinginkan yaitu ≥ 1 dB.

Hasil simulasi satu antenna array pada frekuensi 2,4 GHz dapat dilihat bahwa *gain* dan *return loss* sudah memenuhi spesifikasi yang diinginkan kecuali pola radiasi. Pola radiasi yang dihasilkan masih pola radiasi *directional*. Sedangkan pola radiasi yang diinginkan yaitu pola radiasi *omnidirectional* yang dapat memancar ke segala arah. Untuk mengatasinya, antenna array perlu disusun melingkar guna mendapatkan hasil pola radiasi *omnidirectional*.

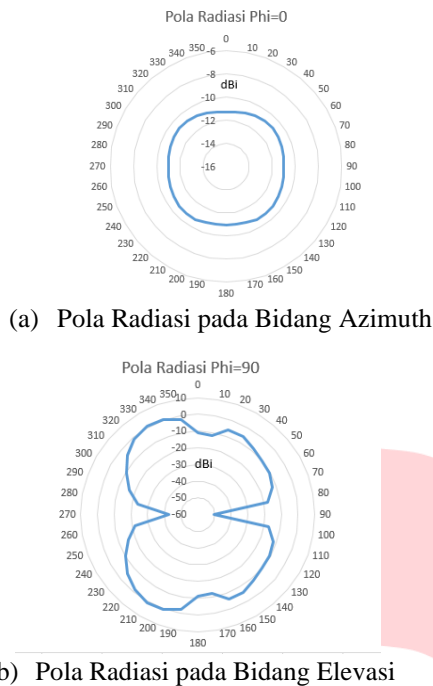


GAMBAR 3.9
DESAIN EMPAT ANTENA ARRAY



GAMBAR 3.10
RETURN LOSS EMPAT ANTENA ARRAY

Dapat dilihat pada Gambar 3.10, *return loss* yang didapatkan sebesar -24,018 dB pada port 1, sebesar -24,283 dB pada port 2, sebesar -24,335 dB pada port 3, dan -24,283 dB pada port 4. Rata-rata dari nilai keempat port yaitu -24,22975 dB. Nilai tersebut sudah memenuhi spesifikasi *return loss* yang diinginkan antenna yaitu ≤ -10 dB.



GAMBAR 3.11
POLA RADIASI EMPAT ANTENA ARRAY

Dapat dilihat pola radiasi antenna pada Gambar 3.11 menghasilkan pola *omnidirectional* yang memiliki pola pancaran ke segala arah. Hal ini sudah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Sedangkan nilai *gain* yang dihasilkan antenna sebesar 3,219 dBi. Hasil tersebut sudah memenuhi spesifikasi *gain* antenna yang diinginkan yaitu ≥ 1 dB.

Adapun secara keseluruhan, untuk hasil simulasi empat antenna array dapat dilihat pada tabel berikut:

TABEL 3. 2
HASIL PARAMETER EMPAT ANTENA ARRAY

Spesifikasi	Deskripsi
<i>Gain</i>	3,219 dBi
<i>Return Loss</i>	-24,22975 dB
Pola Radiasi	<i>Omnidirectional</i>

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Realisasi Antena

Setelah hasil simulasi *software* dari parameter-parameter antenna sudah sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan, selanjutnya dilakukan realisasi antenna atau pabrikasi antenna. Antena array yang dipabrikasi mempunyai jumlah elemen sebanyak empat dengan disusun melingkar.

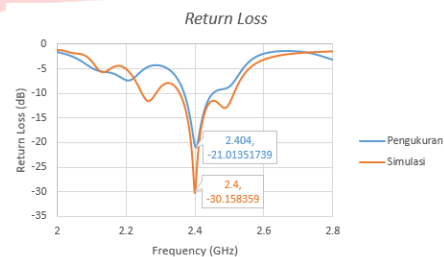


GAMBAR 4. 1
ANTENA HASIL PABRIKASI

B. Hasil Pengukuran Satu Antena Array Sebelum Disusun Melingkar

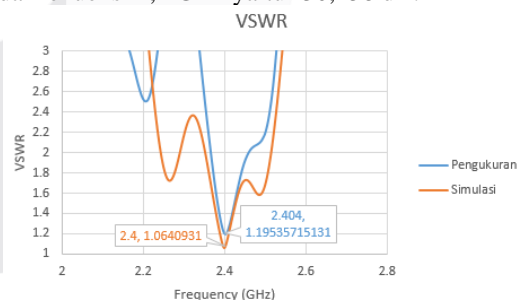
1. Pengukuran *Return Loss* dan VSWR

Pengukuran *return loss* dan VSWR pada antenna menggunakan *vector network analyzer* atau VNA. Pengukuran dilakukan dengan menghubungkan antenna yang akan diukur dan VNA menggunakan kabel N to SMA.



GAMBAR 4. 2
HASIL PERBANDINGAN *RETURN LOSS* SIMULASI DAN PENGUKURAN PADA SATU ANTENA ARRAY

Dapat dilihat pada Gambar 4.2, *return loss* yang didapatkan pada saat pengukuran terjadi pergeseran frekuensi yaitu ada di 2,404 GHz dengan *return loss* sebesar -21.0135 dB. Terdapat perbedaan dengan hasil simulasi. Pada simulasi *return loss* yang didapatkan pada frekuensi 2,4 GHz yaitu -30,158 dB.



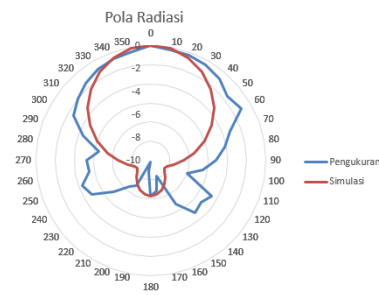
GAMBAR 4. 3
HASIL PERBANDINGAN VSWR SIMULASI DAN PENGUKURAN PADA SATU ANTENA ARRAY

Dapat dilihat pada Gambar 4.3, VSWR yang didapatkan pada saat pengukuran sebesar 1.195 dengan pergeseran antenna di 2,404 GHz dan pada hasil simulasi sebesar 1.06409 pada frekuensi 2,4 GHz.

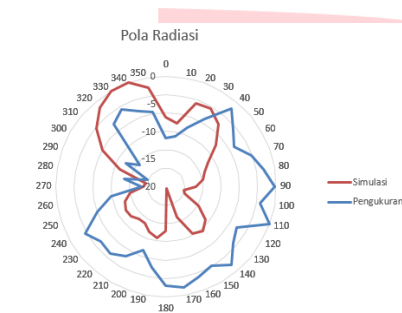
2. Pengukuran Pola Radiasi

Pengukuran pola radiasi pada antenna menggunakan antenna *horn* dan VNA. Pengukuran dilakukan dengan cara bertahap yaitu setiap 10

derajat. Antena diputar secara horizontal dimulai dari 0 derajat sampai dengan 350 derajat.



(a) Pola Radiasi Bidang Azimuth



(b) Pola Radiasi Bidang Elevasi

GAMBAR 4.4

HASIL PERBANDINGAN POLA RADIASI SIMULASI DAN PENGUKURAN PADA SATU ANTENA ARRAY

Dapat dilihat pada Gambar 4.4, pola radiasi yang didapatkan pada saat pengukuran yaitu pola radiasi *directional*. Hasil tersebut sama dengan hasil pada simulasi yang memiliki pola radiasi *directional*.

3. Pengukuran Gain

Adapun untuk pengukuran *gain* dengan menghitung *link budget* berdasarkan nilai daya maksimum yang diterima antena di sudut tertentu kemudian diamati sebanyak 10 kali percobaan untuk dihitung rata-rata daya yang diterima pada sudut tersebut dengan jeda waktu tertentu. Hasil dari G_{rx} antena yaitu sebesar 3,669 dB. Sedangkan pada hasil simulasi sebesar 4,844 dB.

Diasumsikan ketiga antena *array* yang lain mempunyai hasil yang tidak jauh berbeda dari satu antena *array* yang sudah diukur.

C. Hasil Pengukuran Empat Antena Array yang Disusun Melingkar

Pengukuran empat antena *array* yang disusun melingkar yaitu dengan menggunakan alat *combiner* sebagai penggabung dari masing-masing antena *array*. Setiap port antena dihubungkan ke setiap port yang ada di *combiner*.

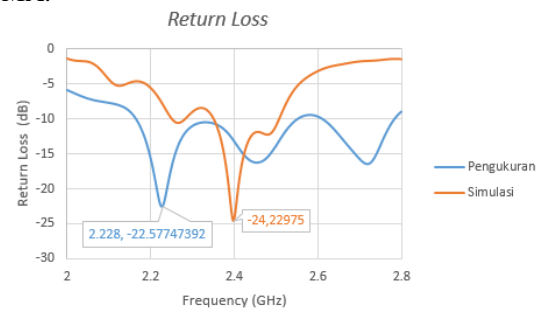


GAMBAR 4.5

ANTENA DIHUBUNGKAN KE COMBINER

4. Pengukuran Return Loss dan VSWR

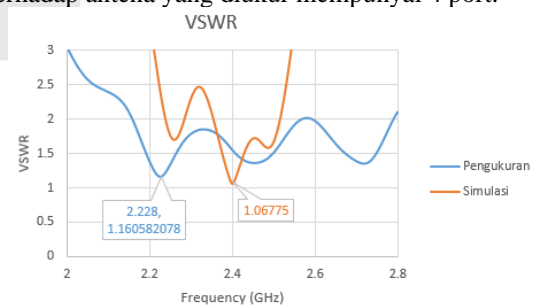
Pengukuran *return loss* dan VSWR pada antena menggunakan *vector network analyzer* atau VNA. Pengukuran dilakukan dengan menghubungkan antena yang akan diukur dan VNA menggunakan kabel N to SMA.



GAMBAR 4.6

HASIL PERBANDINGAN RETURN LOSS SIMULASI DAN PENGUKURAN PADA ANTENA ARRAY DISUSUN MELINGKAR

Dapat dilihat pada Gambar 4.6, *return loss* yang didapatkan pada saat pengukuran terjadi pergeseran frekuensi yaitu ada di 2,228 GHz dengan *return loss* sebesar -22,577 dB. Terdapat perbedaan dengan hasil simulasi. Pada simulasi *return loss* yang didapat yaitu -24,22975 dB pada frekuensi 2,4 GHz. Perbedaan yang cukup jauh ini diakibatkan karena adanya *loss* dari alat *combiner* yang digunakan mempunyai 6 port terhadap antena yang diukur mempunyai 4 port.

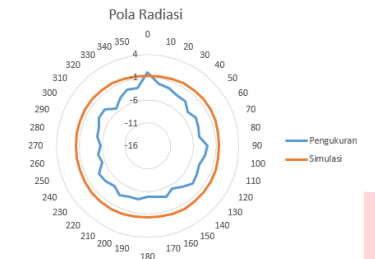


GAMBAR 4.7

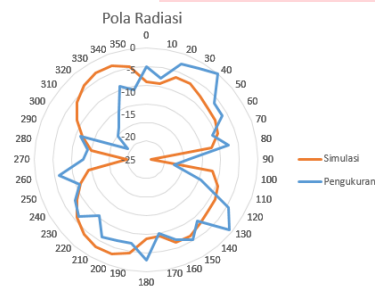
HASIL PERBANDINGAN VSWR SIMULASI DAN PENGUKURAN PADA ANTENA ARRAY DISUSUN MELINGKAR

Dapat dilihat pada Gambar 4.7, VSWR yang didapatkan pada saat pengukuran terjadi pergeseran frekuensi yaitu ada di 2,228 GHz dengan VSWR sebesar 1,16058. Terdapat perbedaan dengan hasil simulasi. Pada simulasi VSWR yang didapat yaitu 1,06775 pada frekuensi 2,4 GHz.

5. Pengukuran Pola Radiasi



(a) Pola Radiasi Bidang Azimuth



(b) Pola Radiasi Bidang Elevasi

GAMBAR 4. 8
POLA RADIASI GABUNGAN EMPAT ANTENA
ARRAY

Dapat dilihat pada Gambar 4.8, gabungan pola radiasi yang didapatkan pada saat pengukuran yaitu pola radiasi *omnidirectional*. Dapat dilihat pada hasil pola radiasi di bidang azimuth. Pola radiasi yang dihasilkan sama dengan hasil simulasi.

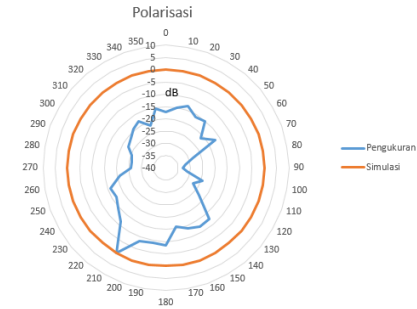
Kombinasi dari pola radiasi setiap antenna mikrostrip array yang disusun melingkar tersebut dapat membentuk pola radiasi *omnidirectional*.

6. Gain

Adapun untuk pengukuran *gain* dengan menghitung *link budget* berdasarkan nilai daya maksimum yang diterima antenna di sudut tertentu kemudian diamati sebanyak 10 kali percobaan untuk dihitung rata-rata daya yang diterima pada sudut tersebut dengan jeda waktu tertentu. Hasil dari G_{rx} antenna yaitu sebesar 2.759 dB. Sedangkan pada hasil simulasi sebesar 3,219 dB.

7. Polarisasi

Pengukuran polarisasi sama seperti pengukuran pola radiasi yaitu menggunakan antenna *horn* dan VNA. Pengukuran dilakukan dengan cara bertahap yaitu setiap 10 derajat. Antena diputar secara vertikal dimulai dari 0 derajat sampai dengan 350 derajat.



GAMBAR 4. 8
HASIL POLARISASI SIMULASI DAN PENGUKURAN

Untuk melihat jenis polarisasi yang didapatkan, diperlukan nilai *axial ratio*. *Axial ratio* dapat dihitung menggunakan persamaan rumus berikut.

$$Axial\ Ratio = \frac{\sqrt{P_{watt\ major} \times 377}}{\sqrt{P_{watt\ minor} \times 377}} \text{ dB} \quad (4.1)$$

Berdasarkan hasil pengukuran yang ditunjukkan pada Gambar 4.13, nilai *axial ratio* yang didapatkan sebesar 44,8 dB. Nilai dari *axial ratio* tersebut menunjukkan bahwa jenis polarisasi antenna adalah polarisasi linear. Hal tersebut sama dengan hasil polarisasi pada simulasi yaitu mempunyai polarisasi linear yang bernilai sebesar 40 dB.

TABEL 4. 1
PERBANDINGAN HASIL PENGUKURAN DAN SIMULASI

Spesifikasi	Simulasi	Pengukuran
Return Loss	-24,22975 dB	-22,577 dB
VSWR	1.06775	1,16058
Gain	3,219 dB	2.759 dB
Pola Radiasi	<i>Omnidirectional</i>	<i>Omnidirectional</i>
Polarisasi	Linear	Linear

D. Perbandingan Hasil Pengukuran dan Hasil Simulasi

Dapat dilihat bahwa hasil simulasi dan hasil pengukuran memiliki perbedaan. Hal ini disebabkan oleh beberapa factor yaitu karena pengukuran yang dilakukan manual sehingga dapat terjadi ketelitian yang kurang dan posisi pada saat pengukuran yang tidak tepat. Selain itu juga factor dari redaman atau *loss* pada alat atau kabel dan adanya interferensi dengan benda sekitar daerah pengukuran.

Tabel 4. 1 Perbandingan Hasil Pengukuran dan Simulasi Pada Parameter yang Ditinjau

Spesifikasi	Simulasi	Pengukuran	Target
Return Loss	-24,22975 dB	-22,577 dB	≤ -10 dB
Gain	3,219 dB	2.759 dB	≥ 1 dB

Pola Radiasi	Omnidirectional	Omnidirectional	Omnidirectional
--------------	-----------------	-----------------	-----------------

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang didapatkan dari hasil simulasi dan pengukuran antenna mikrostrip untuk *gateway* IoT sebagai berikut :

1. Antena yang dirancang telah memenuhi spesifikasi yang dibutuhkan *gateway* IoT yaitu memiliki pola radiasi *omnidirectional*, *gain* sebesar ≥ 1 dB, dan *return loss* sebesar ≤ -10 dB menggunakan metode *collinear array* yang disusun melingkar sebanyak empat elemen.
2. Hasil pengukuran dari antenna mikrostrip *array* yang disusun melingkar antara lain yaitu mempunyai nilai *return loss* sebesar -22,577 dB dengan pergeseran frekuensi di 2,228 GHz. Sedangkan pada simulasi *return loss* yang didapat yaitu -24,22975 dB pada frekuensi 2,4 GHz. Perbedaan yang cukup jauh ini diakibatkan karena adanya *loss* dari alat *combiner* yang digunakan mempunyai 6 port terhadap antenna yang diukur mempunyai 4 port.
3. VSWR yang didapatkan pada saat pengukuran terjadi pergeseran frekuensi yaitu ada di 2,228 GHz dengan VSWR sebesar 1,16058. Sedangkan pada simulasi VSWR yang didapat yaitu 1,06775 pada frekuensi 2,4 GHz. Perbedaan yang cukup jauh ini diakibatkan karena adanya *loss* dari alat *combiner* yang digunakan mempunyai 6 port terhadap antenna yang diukur mempunyai 4 port.
4. Polarisasi dari hasil simulasi dan hasil pengukuran sama yaitu mempunyai polarisasi linear.
5. Hasil pola radiasi saat pengukuran pada antenna *array* yang disusun melingkar yaitu pola radiasi *omnidirectional*. Sama seperti hasil pada simulasi gabungan ke empat antenna *array* menghasilkan pola radiasi *omnidirectional*.
6. Hasil *gain* saat pengukuran yaitu sebesar 2,759 dB. Sedangkan hasil *gain* pada saat simulasi yaitu 3,219 dB.
7. Pengaruh metode *collinear array* yang disusun melingkar pada antenna mikrostrip yaitu kombinasi dari pola radiasi *directional* pada setiap elemen antenanya dapat membentuk pola radiasi *omnidirectional*.
8. Hasil simulasi dan hasil pengukuran memiliki perbedaan. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor yaitu karena pengukuran yang dilakukan manual sehingga dapat terjadi ketelitian yang kurang dan posisi pada saat pengukuran yang tidak tepat. Selain itu

juga faktor dari redaman atau *loss* pada alat atau kabel dan adanya nya interferensi dengan benda disekitar daerah pengukuran.

Saran penulis terkait penelitian selanjutnya untuk meningkatkan performa antenna menjadi lebih baik lagi diantaranya sebagai berikut:

1. Meninjau pengaruh penambahan jumlah elemen antenna *array* dan perubahan dimensi antenna.
2. Pengukuran sebaiknya dilakukan dengan teliti dan ditempat yang minim adanya interferensi yang dapat memperburuk hasil pengukuran.
3. Penggunaan metode lain guna mendapatkan pola radiasi dan daerah cakupan yang dibutuhkan *gateway* IoT.

REFERENSI

- [1] IoT Security Foundation, "Secure Design Best Practice Guides Release 1.2.1," 2018, [Online]. Available: <https://iotsecurityfoundation.org>.
- [2] K. Khanchuea and R. Siripokarpirom, "Sensor Nodes for Smart Home and Building Automation: Design and Implementation," *2019 10th Int. Conf. Inf. Commun. Technol. Embed. Syst.*, pp. 1–6, 2019.
- [3] G. G. K. W. M. S. I. R. Karunaratne, K. A. D. T. Kulawansa, and M. F. M. Firdhous, "Wireless communication technologies in internet of things: A critical evaluation," *2018 Int. Conf. Intell. Innov. Comput. Appl. ICONIC 2018*, pp. 1–5, 2019, doi: 10.1109/ICONIC.2018.8601226.
- [4] A. Adhisyanda, "Seminar Nasional Teknologi Komputer & Sains (SAINTEKS) Penggabungan Teknologi Untuk Analisa Data Berbasis Data Science," pp. 50–51, 2020.
- [5] A. A. Pramudita, Sholihin, and D. D. Ariananda, "Array of Eight Circularly Polarized Microstrip Antennas for IEEE 802.11ac MIMO WLAN," *Proc. - 2018 4th Int. Conf. Sci. Technol. ICST 2018*, vol. 1, pp. 1–6, 2018, doi: 10.1109/ICSTC.2018.8528611.
- [6] Constantine A. Balanis, "Antenna theory: Analysis and Design, Fourth Edition." John Wiley & Sons, Inc, 2016.
- [7] E. Wiyanto, S. Alam, and B. Harsono, "Realisasi dan Pengujian Antena Mikrostrip Array 4 Elemen dengan Polarisasi Melingkar untuk Aplikasi 4G/LTE," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 6, no. 2, 2018, doi: 10.26760/elkomika.v6i2.244.
- [8] D. M. Pozar, "Microstrip Antennas," *Proc.*

- IEEE*, vol. 80, no. 1, pp. 79–91, 1992, doi: 10.1109/5.119568.
- [9] C. A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*, 3rd Edition. 2005. [Online]. Available: <http://www.amazon.com/Antenna-Theory-Analysis-Design-Edition/dp/047166782X>
- [10] R. Agustini and Nurhayati, “Improvement of Coplanar Vivaldi Antenna Radiation Patterns with Fractal Structure for Ultra-Wideband Applications,” *Ina. Indones. J. Electr. Eletronics Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 44–50, 2021, doi: 10.26740/inajeee.v4n2.p44-50.
- [11] D. Christviyana, “Antena Array 2x2 dengan Polarisasi Ganda Untuk Radar Cuaca X-Band,” vol. 6, no. 2, 2019, [Online]. Available: <https://repository.telkomuniversity.ac.id/home/catalog/id/151698/slug/antena-array-2x2-dengan-polarisasi-ganda-untuk-radar-cuaca-x-band.html>
- [12] P. Akila, P. Akshaya, L. Aparna, and J. M. S. Mol, “Design and Analysis of Microstrip Patch Antenna Using Alumina and Paper Substrate for Wifi Application,” 2018.
- [13] B. B. Harianto, M. Rifai, N. Pambudiyatno, and Y. Suprpto, “Desain Antena Mikrostrip Rectangular Patch Menggunakan Coaxial Feeding Untuk Penerima Radar SSR,” vol. 5, no. 3, pp. 155–163, 2020.
- [14] M. R. Sumpena, H. Madiawati, and Elisma, “Desain Antena Susun Mikrostrip Rectangular Patch 4x2 Untuk Aplikasi 5G,” *Pros. 11th Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, pp. 591–595, 2020.
- [15] F. Ardiansyah, S. M. Al Sasongko, and A. Zainuddin, “Desain dan Realisasi Antena Array Mikrostrip Collinear 4 Elemen Untuk Aplikasi Wireless LAN Outdoor 2,44 GHz,” vol. 3, no. 2, 2016.
- [16] M. Polívka, A. Holub, and M. Mazánek, “Collinear Microstrip Patch Antenna,” *Radioengineering*, vol. 14, no. 4, 2005, doi: 10.5772/9396.
- [17] A. Holub and M. Polívka, “Collinear Microstrip Patch Antennas,” 2010.
- [18] N. Mufid, “Analisis Link Budget Pada Antena Radio Gelombang Mikro Menggunakan Topologi Point To Point Di PT Blue Bird,” 2019, doi: 10.17605/OSF.IO/KESCD.
- [19] M. Syamsuddin, F. Imansyah, J. Marpaung, R. R. Yacoub, and F. T. Pontia W, “Analisis Kinerja Komunikasi Modul Transceiver ESP32 Pada Frekuensi 2,4 GHz yang Akan Di Terapkan pada Jaringan IoT,” 2022.