

DESAIN DAN IMPLEMENTASI STRIPLINE STRUKTUR SPLIT RING RESONATOR (SRR) SEBAGAI ELECTROMAGNETIC BANDGAP (EBG) PADA ANTENA SUSUN PATCH PERSEGI

Oleh :
Sugih Pangersa¹, Mochamad Yunus², Evyta Wismiana³

ABSTRAK

Antena mikrostrip banyak digunakan pada perangkat telekomunikasi karena mudah difabrikasi, tipis dan ringan. Tetapi perolehan karakteristik sebagai radiasi seperti gain dan efisiensi rendah. Untuk memperbaiki karakteristik radiasi digunakan antena susun.

Pada antena susun terjadi kopling gandeng antara elemen yang berdekatan. Untuk mereduksi kopling gandeng disisipkan stripline struktur *split ring resonator* (SRR) sebagai *electromagnetic bandgap* (EBG) di antara elemen yang berdekatan pada antena susun.

EBG dengan struktur SRR menghasilkan kopling gandeng pada rentan frekuensi 2,56 GHz – 3,0 GHz. Struktur EBG yang disisipkan di antara elemen antena susun patch persegi mengurangi kopling gandeng hingga 6,26 dB pada rentan frekuensi 2,56 GHz – 3,0 GHz.

Kata Kunci : *Antena Mikrostrip, electromagnetic bandgap, split ring resonator*

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi telekomunikasi *wireless* di dunia modern semakin cepat, kecil dan beragam, sehingga banyak muncul standar teknologi yang baru dan semakin canggih. Antena sangat berperan dalam perkembangan telekomunikasi *wireless* yang secara umum berfungsi sebagai pengubah gelombang terbimbing yang dilewatkan melalui media transmisi menjadi gelombang ruang bebas dan sebaliknya. Maka untuk mengikuti perkembangan teknologi antena dibuat lebih kecil tetapi tidak mengurangi performa antena tersebut, yaitu antena susun. Dalam penggunaan antena susun terdapat kopling gandeng (*mutual coupling*) yang mengurangi kualitas performa antena [1].

Untuk meningkatkan *gain* antena dengan perancangan antena susun *patch* menggunakan metode *Electromagnetic Bandgap* (EBG) yaitu untuk mengurangi kopling gandeng. Pada antena susun *patch* disisipkan struktur *Split-Ring Resonator* (SRR) yang fungsinya sebagai EBG seperti pada penelitian Li Yang yaitu menggunakan Struktur *Spiral Resonator* sebagai EBG [1]. Tahapan proses diawali dengan perhitungan matematis untuk antena, kemudian disimulasikan dengan bantuan *software CST Microwave Studio*, kemudian dipabrikasi *prototype* antena *array* dengan SRR yang

nantinya dapat mereduksi dimensi dari antena mikrostrip konvensional. *Prototype* antena SRR ini mampu menghasilkan karakteristik antena dengan bandwidth pada $VSWR \leq 1,5$. Sifat elektromagnetik dari sel satuan EBG dapat digambarkan menggunakan *lumpcircuit* elemen-kapasitor dan induktor. Dalam rentang frekuensi di mana impedansi permukaan sangat tinggi, rangkaian LC setara bertindak sebagai filter listrik dua dimensi untuk memblokir aliran gelombang permukaan. [1]

Hasil induktor L dari arus yang mengalir melalui *Vertical Interconnect Access* (VIAS), dan kapasitor C karena efek kesenjangan antara *patch* yang berdekatan. [2]

1.2 Tujuan Perancangan

Tujuan penelitian ini adalah meneliti pengaruh *Electromagnetic Bandgap* (EBG) dengan struktur *Split Ring Resonator* (SRR) pada antena dua susun untuk memperbaiki karakteristik radiasi yang meliputi *bandwidth*, *return loss*, *VSWR*, dan impedansi Z_0 .

II. TEORI DASAR

2.1 Pengertian Antena

Berdasarkan *IEEE Standard Definitions of Terms for Antenna* (IEEE std 1945-1963),

antena berfungsi mentransformasikan energi listrik (*voltampere*) menjadi gelombang Traverse Electromagnetic (TEM) yang dapat ditransmisikan di udara sehingga dapat menerima gelombang radio kemudian meradiasikannya ke ruang bebas (*free space*) atau sebaliknya.[4]

Antena bekerja untuk mengirim gelombang radiasi dan dapat menerima gelombang radiasi dalam bentuk gelombang RF (Radio Frekuensi). Perangkat antena untuk mengirim dihubungkan pada *transmitter*, sedangkan antena untuk penerima dihubungkan pada sisi perangkat *receiver*.

2.2 Parameter Umum Antena

Untuk dapat melihat kerja dari antena mikrostrip, maka perlu diamati parameter-parameter pada antena. Beberapa parameter umum dijelaskan sebagai berikut.

2.3.1 Pola Radiasi

Radiasi yang dihasilkan antena akan memiliki pola tertentu dan pola ini akan berbeda untuk jenis antena yang berbeda. Pola radiasi antena didefinisikan sebagai fungsi matematis atau sebuah representasi grafik dari radiasi antena sebagai sebuah fungsi dari koordinat ruang.

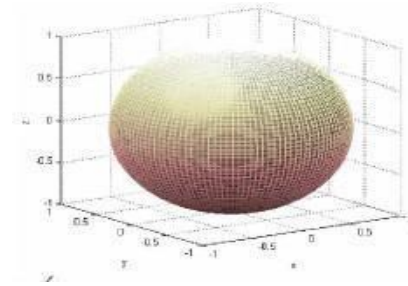
Pada umumnya, pola radiasi ditentukan pada daerah *far-field* dan direpresentasikan sebagai suatu fungsi koordinat arah. Pola radiasi ini ditunjukkan dengan lobes dimana terdapat bagian yang disebut sebagai *main/major* (utama), *side* (samping), dan *back* (belakang). [6]

Beamwidth, atau yang lebih sering digunakan yaitu *half power beamwidth* (HPBW) yaitu sudut dimana amplitudo dari *major lobe* berkurang separuhnya. *Main/major lobe* adalah radiasi yang memiliki arah radiasi maksimum sedangkan *side lobe* dan *back lobe* merupakan bagian dari *minor lobe* yang keberadaannya tidak diharapkan. Pola radiasi ini menunjukkan medan radiasi antena yang terdiri dari medan listrik dan medan magnetik.

Pola radiasi dapat dibedakan menjadi tiga yaitu:

a. Pola Isotropik

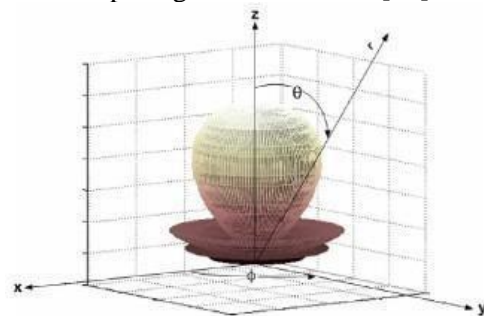
Antena Isotropik disebut sebagai antena tanpa rugi-rugi yang mempunyai radiasi sama besar kesetiap arah. Gambar 1 menunjukkan pola radiasi isotropik [10]:



Gambar 1 Pola Isotropik

b. Pola Directional

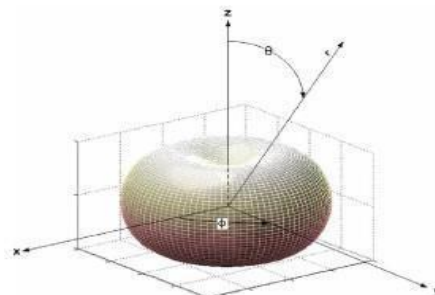
Antena yang memiliki pola radiasi directional atau searah dapat menerima radiasi elektromagnetik secara efektif pada arah – arah tertentu saja. Pola radiasi directional dapat dilihat pada gambar 2 berikut [10] :



Gambar 2 Pola Directional

c. Pola Omni Directional

Pola radiasi ini dibentuk dengan penggabungan pola dari dua bidang yang saling *orthogonal* dimana pola pada salah satu bidang tidak terarah sedangkan pola pada bidang lainnya merupakan pola terarah. Pada gambar 3 menunjukkan pola radiasi omnidirectional [10] :



Gambar 3 Pola Omnidirectional

2.3.2 Polarisasi Antena

Polarisasi antena ditentukan oleh polarisasi gelombang yang dipancarkan oleh antena atau oleh efektivitas antena dalam menerima gelombang. Jika antena lebih efektif menangkap gelombang yang terpolarisasi

horizontal maka antenna horizontal. Penamaan polarisasi antenna ditentukan oleh arah medan listrik (E) gelombang yang dipancarkan oleh antenna terhadap bidang permukaan bumi/tanah. Jika antenna lebih efektif menangkap gelombang yang berpolarisasi vertikal maka antenna vertical.

2.3.3 Efisiensi Antena

Efisiensi radiasi (eff) adalah perbandingan antara daya yang diinputkan ke terminal catu (*feeder*) nya (P_{input}) dengan daya yang diradiasikan ($P_{radiasi}$) oleh antenna.

2.3.4 Pengarahan (*Directivity*)

Pengarah (*directivity*) dari antenna didefinisikan sebagai perbandingan (rasio) intensitas radiasi pada sebuah antenna pada arah tertentu dengan intensitas radiasi rata-rata pada semua arah. Keterarahan ini dapat digunakan menggunakan persamaan 1 di bawah ini [4]:

$$D = \frac{U}{U_0} = \frac{4\pi}{P_{rad}} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

- D : Keterarahan (dB)
 - U : Intensitas Radiasi (rad)
 - U_0 : Intensitas Radiasi pada sumber isotropik (rad)
 - P_{rad} : Daya total radiasi (rad)
- Keterarahan dapat diartikan sebagai pengukuran dari intensitas radiasi dari antenna sebagai fungsi arah [4].

2.3.5 Gain

Gain merupakan nilai perbandingan dari daya yang diradiasikan oleh antenna dibandingkan dengan daya yang masuk ke antenna [8], atau dapat dinyatakan sebagai hasil perkalian antara *directivity* dengan efisiensi dari antenna, dengan menggunakan persamaan 2[8] :

$$G = D \times \eta_{eff} = \frac{4\pi}{\lambda^2} \times \eta_{eff} = \frac{4\pi A_{eff}}{\lambda^2} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

- G : Gain antenna (dB)
- η_{eff} : Efisiensi radiasi antenna
- A_{eff} : Area efektif dari antenna (m)
- λ : Panjang Gelombang (m)

Nilai gain akan selalu lebih kecil dari nilai *directivity*, karena pada antenna terdapat rugi-rugi transmisi dan ketidaksesuaian impedansi antara saluran pencatu dan antenna yang

menyebabkan tidak semua daya yang masuk ke antenna dapat diradiasikan.

Nilai efisiensi dari antenna dapat dinyatakan dengan menggunakan persamaan 3 [8] :

$$\eta_{eff} = \frac{R_r}{R_r + R_1} \dots\dots\dots(3)$$

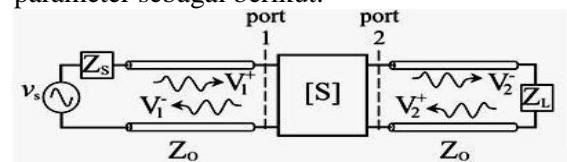
Dimana :

- R_r : Tahanan Radiasi (Ω)
- R_1 : Tahanan rugi (Ω)

2.3.6 Koefisien Refleksi, Voltage Standing Wave Ratio (VSWR), dan Return Loss

S-parameter menggambarkan hubungan input-output antara port (atau terminal) di sistem listrik. Misalnya, jika antenna memiliki 2 port, maka S_{12} mewakili kekuatan ditransfer dari Port 2 Port 1. Secara umum, S_{NM} merupakan kekuatan ditransfer dari Port M ke Port N dalam jaringan multi-port.

Sebuah port didefinisikan sebagai tempat di mana antenna dapat memberikan tegangan dan arus. Jadi, jika antenna memiliki sistem komunikasi dengan dua radio (radio 1 dan radio 2), maka terminal radio (yang memberikan daya ke dua antenna) akan menjadi dua port. S_{11} maka akan menjadi daya radio yang dipantulkan 1 sedang mencoba untuk menyampaikan kepada antenna 1. S_{22} akan menjadi daya radio yang dipantulkan 2 mencoba untuk menyampaikan kepada antenna 2. Dan S_{12} adalah kekuatan dari radio 2 yang disampaikan melalui antenna 1 radio 1. Di bawah ini gambar 4 adalah skematik S-parameter sebagai berikut:



Gambar 4 Skematik S-Parameter

Dilihat

pada gambar 6 bahwa S-parameter mempunyai persamaan

sebagai berikut:

$$V_1^- = S_{11}V_1^+ + S_{12}V_2^+ \dots\dots\dots(4)$$

$$V_2^- = S_{21}V_1^+ + S_{22}V_2^+ \dots\dots\dots(5)$$

Dimana:

- V : Tegangan (Volt)
- S : Return Loss (dB)

Dalam bentuk matrik dapat ditulis sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} V_1^- \\ V_2^- \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1^+ \\ V_2^+ \end{bmatrix} \dots\dots\dots(6)$$

Atau dapat juga ditulis seperti persamaan berikut:

$$[V]^- = [S][V]^+ \dots\dots\dots (7)$$

Bila persamaan di atas diuraikan maka dapat dituliskan sebagai berikut:

$S_{11} = \frac{V_1^-}{V_1^+} |V_2^+ = 0$ koefisien refleksi masukan dengan keluaran K-4 ditutup beban sesuai (match).

$S_{21} = \frac{V_2^-}{V_1^+} |V_2^+ = 0$ koefisien transmisi maju dengan keluaran K-4 ditutup beban sesuai (match).

$S_{22} = \frac{V_2^-}{V_2^+} |V_1^+ = 0$ koefisien refleksi keluaran dengan masukan K-4 ditutup beban sesuai (match).

$S_{12} = \frac{V_1^-}{V_2^+} |V_1^+ = 0$ koefisien transmisi balik dengan masukan K-4 ditutup beban sesuai (match).

Agar daya yang diradiasikan oleh antenna dapat optimal, maka impedansi sumber harus sama dengan impedansi dari antenna. Jika impedansi dari antenna dengan sumber isotropik tidak sesuai maka sebagian dari daya yang akan dipantulkan kembali akan membentuk gelombang berdiri, nilai gelombang berdiri yang terbentuk dapat dihitung dengan menggunakan koefisien refleksi yang dapat dinyatakan seperti pada persamaan 8 [6] :

$$\Gamma = \frac{Z_{in} - Z_0}{Z_{in} + Z_0} \dots\dots\dots(8)$$

Dimana :

Γ : Koefisien Refleksi

Z_{in} : Impedansi beban (Antena) (Ω)

Z_0 : Impedansi karakteristik (Ω)

VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*) adalah perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri maksimum dengan minimum. VSWR tersebut juga memiliki korelasi dengan koefisien refleksi. Hal ini dapat dilihat pada persamaan 9 untuk memperoleh VSWR, yaitu [8] :

$$VSWR = \frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \dots\dots\dots(9)$$

Dimana :

VSWR : *Voltage Standing Wave Ratio*

V_{max} : Tegangan maksimal (V)

V_{min} : Tegangan minimum (V)

Pada prakteknya, kondisi matched sulit sekali dicapai. Kondisi tidak *matched* ini menyebabkan tidak semua daya dari sumber (generator) diterima oleh beban, sehingga ada daya yang dikembalikan/dipantulkan. Adanya rugi-rugi yang dihasilkan ini disebut sebagai *Return loss* dan dirumuskan menggunakan persamaan 10 yaitu [8] :

$$RL = -20 \log |\Gamma| \dots\dots\dots(10)$$

Dimana :

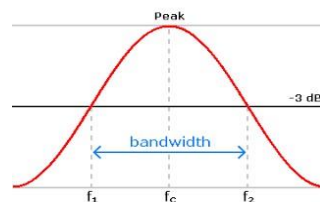
RL : *Return loss* (dB)

Nilai *return loss* yang sering dijadikan acuan adalah -10 dB sehingga $VSWR \leq 2$ atau dapat diartikan bahwa daya yang dipantulkan tidak terlalu besar dibandingkan daya yang dikirimkan atau terjadi kesesuaian antara antenna dan saluran transmisi (*matching*).

2.3.7 Bandwidth

Bandwidth pada suatu antenna didefinisikan sebagai rentang frekuensi dimana performa antenna sesuai dengan standar yang ditetapkan. Untuk menentukan frekuensi kerja yaitu dengan *impedance bandwidth* dimana frekuensi kerja berdasarkan karakteristik impedansi atau *return loss* sehingga rentang frekuensi kerja didapatkan ketika memiliki nilai *return loss* di bawah -10 dB.

Rentang frekuensi yang menjadi *bandwidth* akan dijelaskan pada gambar 5 [11]:



Gambar 5 Rentang Frekuensi Bandwidth

Dengan melihat gambar 2.6 *beamwidth* yang dapat dicari dengan menggunakan persamaan 11 di bawah ini [8] :

$$BW = f_2 - f_1 \dots\dots\dots (11)$$

Dimana:

BW : *Bandwidth* (Hz)

f_2 : Frekuensi tertinggi (Hz)

f_1 : Frekuensi terendah (Hz)

2.3.8 Beamwidth

Half-power Beamwidth (HPBW), atau yang biasa dikenal sebagai *beamwidth* suatu antenna. Dalam astronomi radio, *beamwidth* adalah resolusi spasial dari sebuah teleskop radio,

yaitu diameter sudut minimum dari dua buah titik yang mampu dipisahkan oleh teleskop radio tersebut. Secara teori, *beamwidth* untuk antena yang berbentuk parabola dapat ditentukan.

2.3 Antena Planar Array

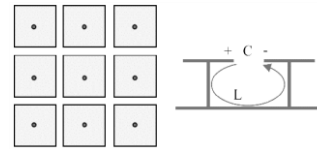
Salah satu teknik untuk meningkatkan performansi dari antena planar yaitu dengan mendesain antena *array* atau antena susun. Antena susun biasanya didesain untuk mencapai spesifikasi yang tidak dapat dicapai menggunakan antena satu elemen seperti bentuk pola radiasi tertentu, besar *gain*, dan lainnya. Selain itu antena susun juga biasa digunakan jika antena membutuhkan pergeseran *beam* ke arah tertentu.

Salah satu masalah pada antena susun yaitu *mutual coupling* atau kopling gandeng, adanya kopling gandeng antar elemen dari antena mengurangi efisiensi dari antena yang akan merimbas pada menurunnya *gain* absolut dari antena. Pengurangan efisiensi dari antena karena adanya gelombang permukaan yang terjadi antar elemen yang mengakibatkan hilangnya sebagian daya dari antena. Cara untuk mengurangi kopling gandeng yaitu dengan mengatur jarak antar elemen sebesar setengah λ [21], selain itu dapat juga digunakan metamaterial atau EBG dan *Defeat Ground System* (DGS) yang dibentuk dan diletakkan sedemikian rupa di antara elemen-elemen *array* [22].

Pola radiasi antena susun lebih besar pada arah tertentu dan lebih kecil pada arah yang lain. Pola radiasi dari antena $F(\theta)$ dari suatu antena susun merupakan perkalian faktor tiap elemen $F_e(\theta)$ dan *array factor* dari antena $F_a(\theta)$.

2.4 Desain Struktur EBG

Mekanisme operasi struktur EBG dapat dijelaskan sebagai jaringan rangkaian LC didistribusikan dengan frekuensi resonansi tertentu. Sifat elektromagnetik dari sel satuan EBG dapat digambarkan menggunakan *lumpcircuit* elemen-kapasitor dan induktor, yang ditunjukkan pada gambar 6 [1]. Dalam rentang frekuensi dimana impedansi permukaan sangat tinggi, rangkaian LC bertindak sebagai filter listrik dua dimensi untuk memblokir aliran gelombang permukaan.



Gambar 6 Lump-circuit Elemen-Kapasitor dan Induktor

Hasil induktor L dari arus yang mengalir melalui VIA, dan kapasitor C karena efek kesenjangan antara patch yang berdekatan [1]. Dengan demikian, pendekatan untuk meningkatkan induktansi atau kapasitansi secara alami akan mengakibatkan penurunan posisi *bandgap*.

Setiap elemen dari celah EBG ini terdiri dari *patch* logam persegi dengan cabang yang disisipkan ke dalam, *patch* terhubung ke *ground* yang lebih rendah dengan VIA logam. Sifat elektromagnetik yang tidak bisa dari struktur EBG telah menyebabkan banyak aplikasi di rekayasa antena. Aplikasi ini meliputi :

a. Penekanan permukaan gelombang
Permukaan gelombang umumnya dibuat di atas permukaan yang dilapisi dielektrik, seperti pada kasus energi kopling pada antena mikrostrip menjadi lempeng dielektrik. Permukaan gelombang juga dapat dibuat pada struktur periodik tanpa dielektrik, karena kopling periodik. Ketika antena ditempatkan dekat dengan *ground*, energi kopling masuk ke dalam *ground*. Ketika ini terjadi, efisiensi keseluruhan antena menurun. Untuk menghindari hal ini terjadi, struktur EBG dapat digunakan sebagai isolasi penghalang antara antena dan *ground*, dengan menempatkan struktur EBG antara antena dan *ground*. Permukaan EBG ini bersifat seperti permukaan impedansi tinggi, dan membantu memisahkan antena dari *ground* yang membantu mengikat efisiensi radiasi dari antena. [2]

b. Desain antena yang sederhana
Desain antena sederhana dapat dicapai dengan menggunakan struktur EBG dengan antena kawat untuk mendapatkan efisiensi yang tinggi. Biasanya efisiensi yang tinggi dicapai dengan pemasangan antena kawat tegak lurus terhadap *ground*.

c. Meningkatkan gain antena
Ketika antena gain tinggi diperlukan, struktur EBG dapat digunakan untuk mendapatkan keuntungan yang lebih tinggi dari pada antena beroperasi tanpa struktur EBG. [2]

d. Penyearangan dan fase pergeseran Bandgap EBG dapat dirancang untuk bersifat *band stop* filter, sedangkan frekuensi jauh dari band gap bersifat band pass filter. Sifat periodik struktur EBG dapat digunakan untuk pengarahan elektrik antena susun.[2]

e. Frekuensi permukaan selektif Dalam sistem komunikasi yang beroperasi di beberapa frekuensi, struktur EBG dapat digunakan untuk memisahkan frekuensi. Pertimbangan contoh dari sistem ground satelit yang beroperasi di L, S dan C band menggunakan optik yang sama. Menggunakan lapisan FSS pada sub – reflektor L dan S band dapat dipisahkan menjadi *feeder* yang ditempatkan pada posisi cassegrain, EBG ditumpukkan di lapisan yang dirancang untuk mencapai pemisahan *band*. [7]

Sifat struktur EBG ditentukan oleh bahan PCB dan membentuk pola. Oleh karena itu, ukuran sel unit yang membentuk struktur periodik signifikan mempengaruhi frekuensi stopband. Bila frekuensi target rendah, ukuran sel satuan harus kompak untuk pemanfaatan di peralatan elektronik umum, tetapi kekompakan sederhana adalah sulit.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Desain Struktur EBG

Proses dalam merancang suatu antena susun yang pertama dilakukan adalah menentukan karakteristik antena seperti *return loss*, *bandwidth*, dan kopling gandeng.

Berikut ini spesifikasi dalam merancang desain struktur EBG dengan ketentuan sebagai berikut [1] :

1. Patch : Struktur Split ring resonator (SRR)
2. Impedansi terminal : 50 Ω koaksial konektor SMA
3. Kopling gandeng : ≤ -10 dB

Bahan substrat yang digunakan adalah jenis FR4 dengan ketebalan substrat 1,6 mm. Ketebalan substrat berpengaruh terhadap parameter *bandwidth* dan gelombang permukaan (*surface wave*).

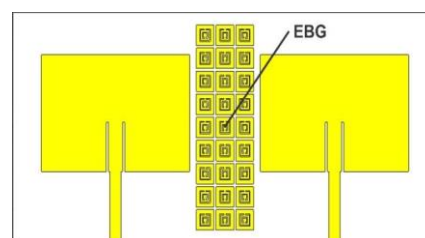
Semakin tipis ketebalan substrat maka efek gelombang permukaan semakin kecil. Dengan mengecilnya gelombang permukaan diharapkan dapat meningkatkan kinerja dari antena seperti *return loss*, *bandwidth*, dan kopling gandeng.

Perancangan antena susun planar dengan ketebalan substrat 1,6 mm kemudian

disisipkan struktur SRR di antara antena susun planar dimana nantinya dapat mereduksi kopling gandeng.

Antena dengan struktur SRR menggunakan metode *mu negative* (MNG) yang tidak menyerap gelombang permukaan dan memperbaiki nilai *return loss*, *bandwidth*, dan kopling gandeng.

Desain EBG ini mengacu pada Jurnal Sugih [21] yang telah disimulasikan. Pada jurnal ini dilakukan implementasi yaitu fabrikasi dan pengukuran antena yang bertujuan untuk memvalidasi hasil simulasi dari jurnal Sugih. Pada gambar 7 [21] menunjukkan desain akhir dari antena susun patch array yang disisipkan struktur SRR 3 kolom EBG sebagai berikut



Gambar 7 Antena Susun Patch Array 3 kolom EBG

3.2 Fabrikasi dan Analisa Pengukuran Antena

Sebelumnya telah dirancang antena mikrostrip dengan struktur *split ring resonator* sebagai *electromagnetic bandgap* (EBG) dengan menghasilkan reduksi kopling gandeng sebesar 0.5 dB.

Tahapan selanjutnya adalah melakukan pengukuran terhadap parameter S_{21} antena untuk mengetahui frekuensi kerja 2,3-3.0 GHz. Hasil yang diperoleh melalui pengukuran akan dibandingkan dengan hasil simulasi yang nantinya dianalisa, lalu hasil pengukuran antena susun dengan split ring EBG dibandingkan dengan antena tanpa EBG.

Pengukuran antena *patch array* dengan struktur SRR sebagai EBG kali ini adalah pengukuran S_{21} yang didalamnya mengandung nilai kopling gandeng.

Pengukuran ini menggunakan port tunggal menggunakan alat *Network Analyzer Agilent 5230 C*. Tempat pengukuran yaitu di Laboratorium Telekomunikasi Departemen Teknik Elektro Universitas Indonesia pada tanggal 29 Desember 2016.

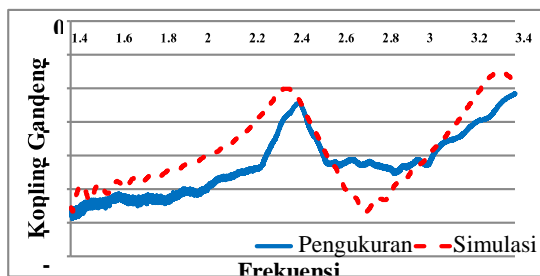
3.2.1 Pengukuran Antena

Setelah melalui tahap fabrikasi, antena kemudian diukur agar dapat mengetahui kinerja dari antena yang dibuat apakah sudah memenuhi kriteria yang sesuai atau tidak. Pada gambar 8 di bawah ini menunjukkan bentuk fisik antena susun dengan split ring EBG dan tanpa EBG:



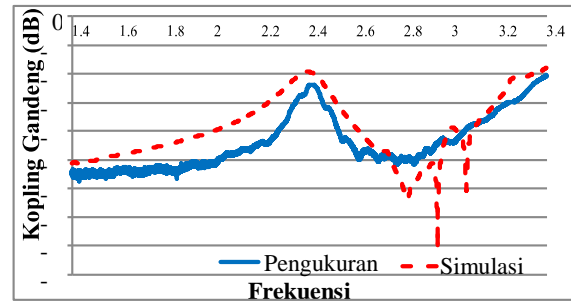
Gambar 8 Hasil Fabrikasi Antena Susun Tanpa EBG dan Antena Susun dengan Split Ring EBG

Nilai kopling gandeng ideal adalah di bawah -10 dB [1]. Pada Hasil pengukuran port ganda terhadap antena dapat ditampilkan melalui layar monitor berupa grafik kopling gandeng ditampilkan pada gambar 9 di bawah ini:



Gambar 9 Grafik Koping Gandeng Antena Patch Array Hasil Pengukuran dan Simulasi

Dapat dilihat dari gambar 9 dimana kopling gandeng hasil pengukuran sebesar -25,88 dB lebih baik dibandingkan hasil simulasi sebesar -20,97 dB berada pada frekuensi 2,4 GHz dengan selisih sebesar 4,91 dB. Selanjutnya dari gambar 10 menunjukkan hasil pengukuran dan hasil simulasi kopling gandeng dari antena susun dengan *split ring* EBG sebagai berikut:



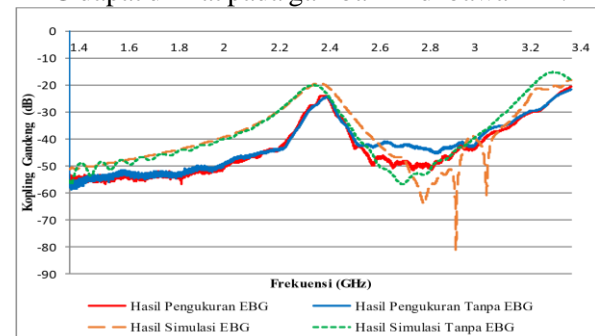
Gambar 10 Grafik Koping Gandeng Antena Susun dengan *Split Ring* EBG

Dapat dilihat dari gambar 10 dimana kopling gandeng hasil pengukuran sebesar -24,09 dB lebih baik dibandingkan hasil simulasi sebesar -19,40 dB berada pada frekuensi 2,4 GHz dengan selisih sebesar 4,69 dB.

3.2.2 Analisis Pengukuran

Setelah di fabrikasi antena mikrostrip disolder menggunakan konektor SMA 50 Ω pada saluran pencatu. Saat penyolderan dilakukan sangat hati-hati dan usahakan jangan terlalu panas karena akan merubah karakteristik konektor SMA. Sedikit-banyaknya timah juga berpengaruh terhadap karakteristik dari antena terutama frekuensi kerja. Panjang dan lebar dimensi antena juga diperhatikan untuk mengetahui parameter antena itu sendiri. Ketika akan melakukan pengukuran, posisi peletakan antena sangat berpengaruh, oleh karena itu di sekitar antena tidak boleh ada benda yang menghalangi.

Untuk perbandingan hasil simulasi dan hasil pengukuran kopling gandeng antena susun tanpa EBG dan antena susun dengan *split ring* EBG dapat dilihat pada gambar 11 di bawah ini:



Gambar 11 Perbandingan Hasil Simulasi dan Hasil Pengukuran Kopling Gandeng Antena Susun Tanpa EBG dan Antena Susun dengan *Split Ring* EBG

Hasil Simulasi dan hasil pengukuran kopling gandeng ditunjukkan pada Gambar 11 Pada frekuensi 2,4 GHz nilai kopling gandeng antena susun tanpa EBG sebesar 20,03 dB dan nilai kopling gandeng antena susun split ring EBG sebesar 20,01 dB. Maka pada frekuensi 2,4 GHz tidak terjadi reduksi kopling gandeng dan sebaliknya terjadi peningkatan kopling gandeng yang relatif rendah. EBG dengan struktur SRR menghasilkan kopling gandeng pada rentan frekuensi 2,56 GHz – 3,0 GHz, nilai kopling gandeng paling rendah yaitu -51.64 dB. Sedangkan antena susun tanpa EBG pada rentan frekuensi 2,56 – 3,0 GHz, nilai kopling gandeng paling rendah yaitu -45.38 dB. Penurunan nilai kopling gandeng mencapai 6,26 dB, yang membuktikan bahwa penekanan permukaan gelombang. Di bawah ini tabel 1 hasil simulasi dan hasil pengukuran kopling gandeng antena susun tanpa EBG dan antena susun dengan split ring EBG berikut :

Tabel 1 Hasil Simulasi dan Hasil Pengukuran Kopling Gandeng Antena Susun tanpa EBG dan Antena Susun dengan Split Ring EBG

Konfigurasi Antena Susun	Frekuensi (GHz)	Kopling Gandeng S ₂₁ (dB)
Tanpa EBG	2,4	20,03
	2,8	-45.38
Split Ring EBG	2,4	20,01
	2,8	-51.64

Sementara hasil penelitian Li Yang [1] menggunakan EBG struktur *spiral resonator* (SR) menghasilkan reduksi kopling gandeng pada frekuensi 2,31 GHz – 2,38 GHz. Hal ini sejalan dengan penelitian Billoti [31] yang menghasilkan frekuensi resonan lebih rendah pada struktur SR dibandingkan dengan struktur SRR

IV. KESIMPULAN

Setelah ditambahkan EBG berstruktur SRR berakibat nilai kopling gandeng (S₂₁) pada frekuensi 2,4 GHz dengan nilai S₂₁ antena susun tanpa EBG sebesar 20,03 dB dan nilai S₂₁ antena susun split ring EBG sebesar 20,01 dB, terjadi peningkatan S₂₁ yang relatif rendah. Struktur EBG kemudian disisipkan di antara elemen antena susun patch persegi dengan nilai S₂₁ sebesar -51.64 dB dan nilai S₂₁ antena susun

tanpa EBG sebesar -45.38 dB mengurangi nilai S₂₁ sebesar 6,26 dB pada frekuensi 2,56 GHz – 3,0 GHz.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yang L, Fan M, and Feng Z, A Spiral Electromagnetic Bandgap (EBG) Structure and its Application in Microstrip Antenna Arrays. IEEE. State Key Lab on Microwave & Digital Communications, Beijing, pp. 2-9. 2005.
- [2] Yang F, and Rahmat-Samii, Microstrip antennas integrated with electromagnetic band-gap structures: a low mutual coupling design for array applications, IEEE Trans. Antennas and Propagation, vol. 51, pp. 2936-2946, Oct. 2003.
- [3] Russer, P. Electromagnetics, Microwave Circuit and Antenna Design for Communications Engineering. Artech House. Norwedia. 2006.
- [4] Balanis, A. Antenna Theory Analysis and Design (2nd ed). New York: John Wiley & Sons, Inc. 1997
- [5] James, JR. Handbook of Microstrip antenna, Peter Peregrinus Ltd, London, 1989.
- [6] Wentworth, M. Fundamentals of Electromagnetic with Engineering Application. New York: John Wiley & Sons, Inc. 2008
- [7] Bevel F, "Field Region Antena".2007. <http://www.antennatheory.com/basics/fieldRegion.php>. Diakses Pada 13 Desember 2016
- [8] Rahim, M.K., Electromagnetic Bandgap (EBG) Structure In Microwave Device Design, Universiti Teknologi Malaysia, Research Votes, No. 79017, 2008
- [9] Hary A. "Materi IPJBL 2". Agunghary. 2013. Diakses Pada 13 Desember 2016
- [10] Williamson, V. Double-Positive (DPS), Double-Negative (DNG), Epsilon-Negative (ENG), Mu-Negative (MNG). How many different possibilities do exist for permittivity and permeability, fenix.tecnico. ulisboa. 2015

- [11] Junari, S. Gelombang elektromagnetik, Universitas Bima, NTB, pp. 5. Indonesia, 2014
- [12] Samsul. Perancangan Antena Mikrostrip Pada Frekuensi 2,3 GHz Untuk Aplikasi LTE (Long Term Evolution), Universitas Darma Persada, pp. 14-17. Jakarta. 2015
- [13] Abus D. Feeding Method. Liblary znate.2014.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5236075/>. Diakses Pada 14 Desember 2016
- [14] Lema P. MTM Inclusions. dea uniroma3. 2014.
www.dea.uniroma3.it/lema/. Diakses Pada 14 Desember 2016
- [15] Wales J. Split Ring Resonator. Wikipedia. 2016.
https://en.wikipedia.org/wiki/Split-ring_resonator. Diakses Pada 14 Desember 2016
- [16] Buell K et.al., A substrate for Small Patch Antennas Providing Tunable Miniturization Factor, IEEE Transaction On Microwave Theory And Techniques, Vol. 54, pp. 257-305. No. 1, January 2006
- [17] Francois J, Zurcher, Broadband Patch Antennas, Artech House Inc. Norwood, Massachusetts. 1995
- [18] Patron, Kapil. A Reconfigurable Antenna with Omnidirectional and Directional Pattern for MIMO System. IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium (APSURSI), July, 2013
- [19] Lin, H., Li, Z. and Sun, X. *Compact Defected Ground Structure in microstrip Technology*. Electron Lett, Vol, 41, pp. 3, 132, 134, 2005
- [20] Pangersa S, M. Yunus, E. Wismiana. Struktur Split Ring Resonator (SRR) sebagai Electromagnetic Bandgap (EBG) pada Antena Susun Patch Persegi. Engineering Faculty Bogor Pakuan University, Proceeding Seminar Nasional Microwave, Antena, and Propagasi (SMAP), pp. 2. December 2016.
- [21] Bilotti F, Equivalent-Circuit Models for the Design of Metamaterials Based on Artificial Magnetic Inclusions IEEE Transactions On Microwave Theory And Techniques, VOL. 55, NO. 12, pp. 244. December 2007

PENULIS



1) **Sugih Pangersa,ST.,** Alumni (2017) Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Pakuan

2) **Dr. Ir. Moch Yunus,M.Eng** , Staf Dosen /Pembimbing 1 Program Studi

Teknik Elektro Fakultas Universitas Pakuan Bogor

3) **Evyta Wismiana, ST., MT.** Staf Dosen/Pembimbing II Program Studi Teknik Elektro Fakultas Universitas Pakuan Bogor