

## KOMPARASI PERFORMANSI ANTENA MIKROSTRIP C-BAND SUSUNAN 4-ELEMEN ANTARA BAHAN TEMBAGA DAN EMAS

### PERFORMANCE COMPARISON BETWEEN GOLD AND COPPER C-BAND 4-ELEMENTS MICROSTRIP ARRAY ANTENNA

Claudia Kurniaty<sup>1</sup>, Dr. Heroe Wijanto, Ir., MT.<sup>2</sup>, Dr. Joko Suryana ST., MT.<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>3</sup>Fakultas Teknik Elektro, Institut Teknologi Bandung

<sup>1</sup>[claudiadhea@yahoo.com](mailto:claudiadhea@yahoo.com), <sup>2</sup>[heroe@telkomuniversity.ac.id](mailto:heroe@telkomuniversity.ac.id), <sup>3</sup>[joko.suryana@stei.itb.ac.id](mailto:joko.suryana@stei.itb.ac.id)

#### Abstrak

Komunikasi merupakan salah satu kebutuhan terpenting bagi masyarakat modern. Komunikasi dibutuhkan untuk memperoleh atau memberi informasi dari atau kepada orang lain. Kebutuhan untuk mendapatkan informasi semakin meningkat seiring berkembangnya jaman, sehingga manusia membutuhkan alat komunikasi yang dapat digunakan kapanpun dan di manapun mereka berada. Salah satu sistem komunikasi yang merupakan andalan bagi perkembangan integrasi sistem telekomunikasi secara global adalah sistem komunikasi nirkabel (*wireless*) di mana propagasi gelombang elektromagnetik (*microwave*) sebagai media transmisinya. Semakin bertambahnya popularitas sistem nirkabel (*wireless*), pengembangan antena untuk sistem ini menjadi semakin penting. Karena itulah, antena dianggap sebagai tulang punggung sistem nirkabel (*wireless*). *Microstrip antenna* merupakan antena yang saat ini banyak digunakan karena memiliki keunggulan dan mudah diintegrasikan. Namun, jenis antena ini memiliki kelemahan, antara lain : lebar pita (*bandwidth*) yang sempit dan *gain* yang kecil, sehingga performanya kurang baik apabila digunakan dalam komunikasi terrestrial – *radio link*.

Pada tugas akhir ini telah dirancang sebuah *microstrip antenna array* 4 yang bertujuan untuk meningkatkan *gain* antena. Sebagai komparasi, dirancang dua antena yang sama menggunakan dua material yang berbeda yaitu, emas dan tembaga. Antena ini dirancang untuk bekerja efektif pada frekuensi tengah 7450MHz dengan *bandwidth* 700MHz, pola radiasi *unidirectional*, polarisasi linear,  $gain \geq 10\text{dBi}$ . Perancangan antena ini menggunakan substrat dielektrik FR-4 ( $\epsilon_r = 4.3$ ) dengan ketebalan 1.6 mm. Untuk proses simulasi antena dibantu dengan *software CST Microwave Studio*.

Hasil dari tugas akhir ini berupa perbandingan efektivitas kerja antara dua *microstrip antenna* yang dirancang menggunakan dua material yang berbeda dengan parameter *return loss*, VSWR, polarisasi, pola radiasi dan *gain*. Dan dari hasil penelitian didapatkan hasil bahwa metode *array* dapat meningkatkan *gain*, dimana *gain* yang dihasilkan sebesar 10.97 dB pada tembaga dan 10.96 dB pada emas, kemudian nilai VSWR pada hasil realisasi sebesar 1.435 di frekuensi 7.190GHz – 7.870GHz pada *antenna* tembaga dan 1.442 di frekuensi 7.475GHz – 7.980GHz pada *antenna* emas, dan pola radiasi yang dihasilkan adalah *unidirectional* dengan polarisasi elips. Adanya perbedaan antara hasil simulasi dan hasil pengukuran dipengaruhi oleh ketepatan dan ketelitian saat pabrikasi yang nantinya dapat mempengaruhi kinerja dari antena ini.

**Kata kunci:** *Microstrip antenna, terrestrial, radio link, gain, wireless.*

#### Abstract

Communication is one of the most important requirements in modern society. Communication is needed to obtain information from others or provide information to others. The needs for information is increasing alongside with the current development, so communication device that can be used in every circumstances is strongly needed. One of the most reliable communication system for the development of global telecommunications system integration is a wireless communication system that use the propagation of electromagnetic waves (microwaves) as the transmission medium. As wireless systems become more popular, the development of antennas for these systems becomes hugely important. Therefore, antenna is considered as the backbone of wireless systems. Microstrip antenna is an antenna that is widely used in current time because it has some advantages and easy to integrate. However, this type of antenna has the disadvantage such as, narrow bandwidth and also the small gain, so the performance of this antenna is not quite effective when it is used in terrestrial communication - radio links.

This thesis designs a microstrip antenna array 4 which aims to improve the antenna gain. For comparison, two antennas that are the same but using two different materials, gold and copper, are built. These antennas are designed to work effectively at the center frequency 7450MHz with 700MHz bandwidth, unidirectional radiation pattern, linear polarization, and  $gain \geq 10\text{dBi}$ . The design of this antenna is using dielectric FR-4 substrate with  $\epsilon_r = 4.3$  and thickness 1.6 mm. For the antenna simulation process, software CST Microwave Studio is used.

The results of this thesis will be a comparison of the performance effectiveness between the two microstrip antennas which are designed using two different materials with the parameters of return loss, VSWR, polarization, radiation pattern and gain. And the result of this research shows that the array method could increase the gain, as we can see the gain are 10,97 dB in copper and 10.96 dB in gold, then the actual result of VSWR value in this research is 1,435 on frequency 7.190GHz – 7.870GHz in copper antenna and 1.442 on frequency 7.475GHz – 7.980GHz in golden antenna, and the result of radiation pattern is unidirectional pattern with elliptical polarization. The difference between the simulation results and the actual measurement results is influenced by the accuracy and precision in the manufacturing process which can affect the performance of this antenna.

**Keywords:** Microstrip antenna, terrestrial, radio links, gain, wireless.

## 1. Pendahuluan

Saat ini teknologi telekomunikasi berkembang sangat cepat. Begitu pun dengan teknologi *wireless*. Berbagai teknologi muncul dan ditawarkan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat terutama layanan di bidang telekomunikasi bergerak. Antena adalah bagian perangkat telekomunikasi *wireless*.

Antena merupakan suatu media yang fungsinya mengubah sinyal listrik menjadi sinyal elektromagnetik, lalu meradiasikannya (melepaskan energi elektromagnetik ke ruang bebas), dan sebaliknya. Ada berbagai jenis antena di dunia ini, contohnya antena *grid*, antena *omni*, antena *sectoral*, antena *parabolic*. Dalam industri di bidang antena juga terus berkembang mengikuti perkembangan teknologi telekomunikasi, di mana antena yang berdimensi semakin kecil dan desain yang sesuai dengan kebutuhan. Salah satu jenis antena tersebut ialah *Antenna Microstrip*.

Beberapa keuntungan dari *antenna microstrip* selain berdimensi kecil *microstrip antenna* mampu memberikan kinerja yang cukup baik dan harga produksinya lebih murah. Namun *microstrip antenna* juga memiliki kekurangan yaitu keterarahan yang kurang baik, lebar pita (*bandwidth*) yang sempit, efisiensi rendah dan *gain* yang kecil.

Ada berbagai macam cara untuk menangani dari kekurangan tersebut, dengan cara mengganti konstanta dielektrik dari substrat dan mengubah desain atau menambahkan *patch*. Bentuk *patch* bervariasi, berbentuk segi empat, lingkaran, segitiga, dan lain-lain. Tiap *patch* memiliki lebar pita, *gain* dan pola radiasi yang berbeda-beda sehingga *microstrip antenna* ini sangat baik untuk digunakan untuk model antena masa depan. Adapun bentuk *microstrip antenna* terdiri atas tiga bagian utama yaitu *patch*, *substrat*, dan *ground*.

Sistem komunikasi terestrial di Indonesia khususnya *radio link* kebanyakan sudah memakai frekuensi 7GHz. Sebagaimana diketahui bahwa antena *microwave* yang dipakai sangat besar ukurannya dan dilihat dari *cost* juga mahal. Perancangan antena yang baik adalah saat antena dapat mentransmisikan energi atau daya maksimum dalam arah yang diharapkan oleh penerima. Meskipun kenyataannya pasti ada rugi-rugi yang muncul saat penjalaran gelombang seperti rugi-rugi saluran transmisi dan munculnya kondisi tidak *matching* antara saluran transmisi dan antena.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Komunikasi Terrestrial

Kata Terrestrial berasal dari bahasa Inggris *terrestrial*, yang berarti bumi atau berada di permukaan tanah. Bila dikaitkan dengan sistem telekomunikasi, yaitu sistem terestrial, berarti sistem telekomunikasi yang menggunakan gelombang frekuensi radio (RF) yang beroperasi di permukaan tanah. Tentunya tidak termasuk sistem komunikasi satelit. Jadi sistem terestrial dapat berarti satu sistem pemancar radio atau televisi, sistem komunikasi microwave, sistem komunikasi point-to-point, yang termasuk juga sistem komunikasi seluler, baik yang fixed ataupun bergerak (*mobile*). Pemakaian gelombang radio sebagai media transmisi biasanya ditentukan berdasarkan frekuensi/panjang gelombang.

Frekuensi adalah banyaknya getaran yang melewati titik tertentu dalam suatu interval waktu yang berlainan. Satuan frekuensi disebut : Hertz sesuai penemu gelombang elektromagnetik : Heinrich Hertz (Jerman). Frekuensi ini berbanding terbalik dengan panjang gelombang.

Jenis frekuensi :

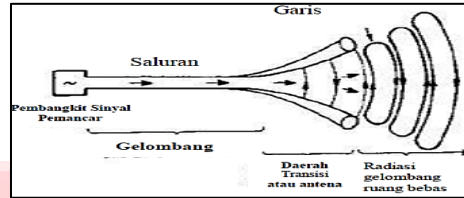
- Middle Frekuensi (MF) : 300 – 3.000 KHz
- High Frekuensi (HF) : 3 – 30 MHz
- Very High Frekuensi (VHF) : 30 - 300 MHz
- Ultra High Frekuensi (UHF) : 300 – 3.000 MHz
- Super High Frekuensi (SHF) : 3 – 30 GHz

Extremely High Frekuensi (EHF) : 30 – 300 GHz

### 2.2 Antena

Antena merupakan instrumentasi yang penting dalam suatu sistem komunikasi radio. Antena adalah suatu media yang mengubah gelombang terbimbing dari saluran transmisi menjadi gelombang bebas di udara dari sumber pemancar ke antena atau dari antena ke penerima. Saluran transmisi berfungsi sebagai penghantar energi gelombang elektromagnetik.

Gambar 2.1 berikut ini menampilkan saat proses transmisi terjadi, gelombang elektromagnetik akan ditransmisikan sepanjang jalur dan menyebar di udara. Jalur transmisi dapat berupa kabel koaksial atau gelombang terbimbing (*waveguide*).



Gambar 2.1 Konsep Dasar Antena

### 2.3 *Microstrip Antenna*

*Microstrip antenna* adalah suatu konduktor metal yang menempel di atas *groundplane* yang di antaranya terdapat bahan dielektrik. *Microstrip antenna* merupakan antena yang memiliki massa ringan, mudah untuk difabrikasi, dengan sifatnya yang *low profile* sehingga dapat ditempatkan pada hampir semua jenis permukaan dan ukurannya kecil dibandingkan dengan antena jenis lain, karena sifat yang dimilikinya, *microstrip antenna* sangat sesuai dengan kebutuhan saat ini sehingga dapat di-integrasikan dengan peralatan telekomunikasi lain yang berukuran kecil, akan tetapi memiliki kekurangan yaitu *bandwidth* yang sempit, gain dan *directivity* yang kecil serta efisiensi yang rendah.

*Microstrip antenna* mempunyai beberapa keuntungan, seperti *microstrip antenna* jauh lebih tipis, lebih kecil, lebih ringan, biaya murah dibanding dengan antena jenis lain. Tetapi *microstrip antenna* juga memiliki kekurangan seperti *gain* yang rendah, *bandwidth* yang sempit dan memiliki efek gelombang permukaan (*surface wave*).

### 2.4 *Microstrip Antenna Patch Rectangular*

Dengan mengatur lebar ( $W$ ) dari *microstrip antenna* maka impedansi input juga akan berubah. Persamaan yang digunakan untuk mencari panjang dan lebar dari *microstrip antenna* adalah sebagai berikut<sup>[2]</sup>:

$$W = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \quad (2.1)$$

Di mana :

- $W$  : lebar konduktor (mm)
- $\epsilon_r$  : konstanta dielektrik (F/m)
- $c$  : kecepatan cahaya diruang bebas ( $3.10^8$  m/s)
- $f_0$  : frekuensi kerja antena yang diinginkan (Hz)

Sedangkan untuk menentukan dari panjang *patch* ( $L$ ) diperlukan parameter  $\Delta L$  yang merupakan pertambahan panjang dari  $L$  akibat adanya *fringing effect*. Pertambahan panjang dari  $L$  ( $\Delta L$ ) tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\frac{\Delta L}{h} = 0.412 \frac{(\epsilon_r e + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264\right)}{(\epsilon_r e - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8\right)} \quad (2.2)$$

Di mana  $h$  adalah tebal dari substrat, dan  $\epsilon_r e$  merupakan konstanta dielektrik efektif yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\epsilon_{r\text{eff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + 12 \frac{h}{w}\right)^{-1/2} \quad (2.3)$$

Dengan panjang *patch* ( $L$ ) dapat dirumuskan oleh

$$L = L_{\text{eff}} - 2\Delta L \quad (2.4)$$

Dimana  $L_{\text{eff}}$  adalah panjang *patch* efektif.  $L_{\text{eff}}$  dirumuskan sebagai berikut

$$L_{\text{eff}} = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_r e}} \quad (2.5)$$

Untuk menentukan impedansi karakteristik dari saluran mikrostrip, dapat diperoleh dengan mengetahui perbandingan antara lebar konduktor dengan tebal substrat yang dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$\frac{W}{h} \leq 1; Z_0 = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_r e}} \ln \left[ \frac{8h}{W} + \frac{4h}{W} \right] \quad (2.6)$$

$$\frac{W}{h} \geq 1; Z_0 = \frac{120 \pi \sqrt{\epsilon_r e}}{W/h + 1.393 + 0.667 \ln \left( \frac{W}{h} + 1.444 \right)} \quad (2.7)$$

Untuk mendapatkan  $\frac{W}{h}$  dan  $\epsilon_{\text{eff}}$ , jika diketahui  $Z_0$  dan  $\epsilon_r$ , maka dapat digunakan persamaan dibawah ini:

$$\frac{W}{h} = \left[ \frac{e^{(H)}}{8} - \frac{1}{4e^{(H)}} \right]^{-1} \quad (2.8)$$

Di mana:

$$H = \frac{Z_0 \sqrt{2(\epsilon_r + 1)}}{119.9} + \frac{1}{2} \left( \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \right) \left( \ln \frac{\pi}{2} + \frac{1}{\epsilon_r} \ln \frac{4}{\pi} \right) \quad (2.9)$$

Teknik *matching* dalam *microstrip antenna* ini dapat menggunakan metode *matching* impedansi bertahap pada saluran transmisi dengan trafo  $\lambda/4$  dan syarat *matching* adalah  $Z_o = Z_{in}$ . Dimana  $Z_o$  adalah impedansi karakteristik saluran dan  $Z_{in}$  yaitu impedansi input. Sistem *matching* bertingkat binomial dapat diberikan dengan persamaan sebagai berikut :

$$C_n = \frac{N!}{n(N-n)!} \quad (2.10)$$

Di mana  $N = 0, 1, \dots, N$

Sehingga mendapatkan impedansi seperti yang dinyatakan dengan persamaan :

$$Z_{n+1} = Z_o \exp \left[ \frac{\sum_{k=0}^n C_k}{2^N} \ln \left( \frac{Z_i}{Z_o} \right) \right] \quad (2.11)$$

## 2.5 Teknik Pencatutan

Pada teknik ini, pencatutan dilakukan dengan cara menghubungkan *line* pencatutan dengan *patch*, di mana *patch* dan *line* pencatutan menggunakan bahan yang sama yang difabrikasi dengan cara di-*matching*-kan.

Saluran transmisi mikrostrip tersusun ini terdiri dari dua konduktor, yaitu sebuah *strip* dan lebar  $w$  dan bidang *ground plane*, keduanya dipisahkan oleh suatu substrat yang memiliki permitifitas relative  $\epsilon_r$  dengan tinggi  $h$ . Parameter utama yang penting untuk diketahui pada suatu saluran transmisi adalah impedansi karakteristiknya,  $Z_0$  dari saluran mikrostrip ditentukan oleh lebar strip  $w$  dan tinggi substrat  $h$ . Berikut perancangan konstanta dielektrik dan impedansi karakteristik.

Lebar saluran pencatut ( $w$ ) tergantung dari impedansi ( $Z_0$ ) yang diinginkan. Adapun rumus untuk menghitung lebar saluran mikrostrip diberikan persamaan berikut <sup>[1]</sup>:

$$w = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[ \ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (2.12)$$

dengan nilai :

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.13)$$

Maka dapat dicari karakteristik saluran mikrostrip dengan ada dua kondisi, yaitu

### a. Karakteristik saluran mikrostrip untuk $w/h < 1$

Konstanta dielektrik relatif

$$\epsilon_{r \text{ relatif}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[ \frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{h}{w}}} + 0,04 \left( 1 - \frac{w}{h} \right)^2 \right] \quad (2.14)$$

Impedan karakteristik

$$Z_0 = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_{r \text{ relatif}}}} \ln \left( \frac{8h}{w} + \frac{w}{4h} \right) \quad (2.15)$$

### b. Karakteristik saluran mikrostrip untuk $w/h > 1$

$$\text{Konstanta dielektrik efektif : } \epsilon_{r \text{ relatif}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[ \frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{h}{w}}} \right] \quad (2.16)$$

Supaya medapatkan kondisi *matching* dapat dilakukan dengan cara menambah transformator  $\lambda/4$ , *single stub*, dan *double stub*. Pada perancangan tugas akhir ini menggunakan transformator  $\lambda/4$ . Transformator  $\lambda/4$  adalah suatu teknik *impedance matching* dengan cara memberikan saluran transmisi dengan impedansi  $Z_T$  diantara dua saluran transmisi yang tidak *match*. Panjang saluran transmisi ( $l$ ) transformator  $\lambda/4$  ini adalah

$$l = \frac{\lambda_g}{4} \quad (2.17)$$

Di mana  $\lambda_g$  merupakan panjang gelombang bahan dielektrik, dapat dihitung

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{r \text{ relatif}}}} \quad (2.18)$$

## 2.6 Konduktivitas

Resistor dan konduktor kebanyakan memiliki *cross section* yang *uniform* dengan aliran arus elktetik yang juga *uniform*, serta terbuat dari satu material. Pada hal ini, ketahanan elektrik  $\rho$  berupa <sup>[12]</sup>:

$$\rho = R \frac{A}{l} \quad (2.19)$$

Di mana,

$R$  adalah tahanan elektirik dari spesimen materi yang *uniform*

$l$  adalah panjang material

$A$  adalah area *cross section* dari suatu spesimen

Formula (2.19) dapat diubah untuk mendapatkan Hukum Poulliet

$$R = \rho \frac{\ell}{A} \quad (2.20)$$

Tahanan dari suatu material bertambah seiring dengan panjangnya, namun akan berkurang dengan bertambahnya area *cross section*. Dari formula (2.20) ketahanan (*resistivity*) memiliki satuan ohm meter ( $\Omega \cdot m$ ). Konduktivitas merupakan *inverse* dari ketahanan (*resistivity*) :

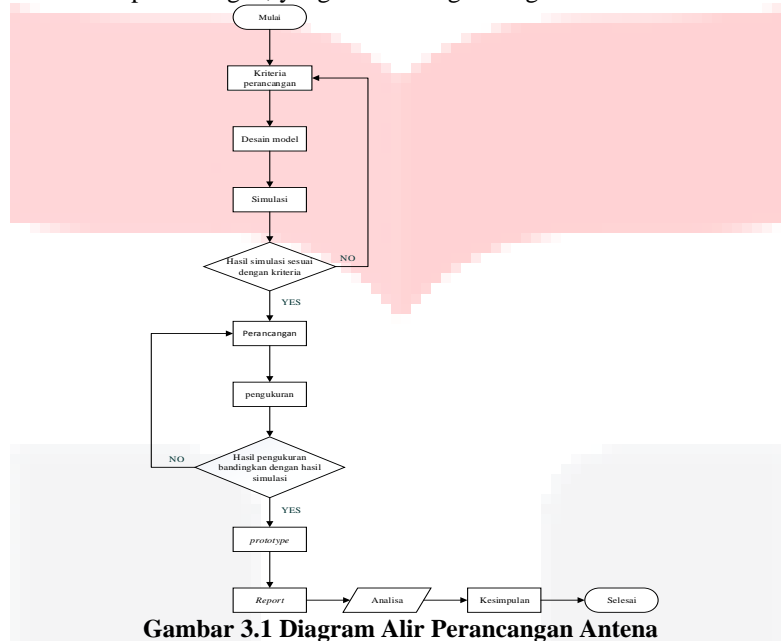
$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (2.21)$$

Konduktivitas memiliki satuan *siemens* per meter (S/m).

### 3. Perancangan dan Simulasi

#### 3.1 Diagram Alir Perancangan

Pada pembuatan tugas akhir ini dilakukan dengan melakukan perancangan dan langkah demi langkah dari awal hingga analisis akhir perancangan, yang sesuai dengan diagram alir Gambar 3.1 berikut ini.



**Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan Antena**

Pada Gambar 3.1 yang telah dijelaskan sebelumnya, dapat dilihat bahwa langkah pertama yang dilakukan, yaitu menentukan spesifikasi dari antena yang akan digunakan. Kemudian tahap selanjutnya melakukan perhitungan dimensi antena secara matematis. Setelah didapat perhitungan antena maka dilakukan perancangan antena dengan bantuan *software CST Microwave Studio*. Pada tahap ini masih dilakukan perancangan antena konvensional dengan *patch rectangular*. Selanjutnya dilakukan optimasi untuk mendapatkan frekuensi kerja antena tersebut.

Setelah mendapatkan frekuensi kerja antena yang diinginkan, kemudian melakukan penambahan *slot* pada antena tersebut, lakukan optimasi untuk mendapatkan *bandwidth* yang sesuai. Setelah mengetahui nilai yang sesuai maka dapat dilakukan pemodelan antena *array*. Tujuannya agar mendapatkan nilai *gain* yang lebih tinggi dibanding dengan antena konvensional. Setelah didapat perancangan hasil akhir, dapat dilakukan proses pabrikan kemudian melakukan pengukuran akhir dari kinerja antena tersebut.

#### 3.2 Spesifikasi Antena

Tahap pertama dari perancangan *microstrip antenna* ini adalah menentukan spesifikasi antena. Antena ini dirancang berdasarkan spesifikasi hasil yang diharapkan sebagai berikut:

- Frekuensi : C-Band (7.1-7.8) GHz
- *Bandwidth* : 700 MHz
- *Return Loss* :  $\leq -10$  dB
- Pola radiasi : *unidirectional*
- Polarisasi : linear
- VSWR :  $\leq 2$
- *Gain* :  $\geq 10$  dBi

#### 3.3 Bahan Antena

Untuk memilih bahan setiap elemen dari *microstrip antenna* perlu disesuaikan dari ketersediaan dari pasar, nilai ekonomis, massa dan dimensi. Pada perancangan antena pada tugas akhir ini menggunakan FR-4



pada elemen substrat dengan nilai  $\epsilon_r = 4.3$  dengan tebal substrat sebesar 1.6 mm sedangkan elemen peradiasi dan *groundplane* menggunakan material berbahan *cooper* dengan tebal 0.035 mm.

### 3.4 Tahap Desain Antena Menggunakan Software CST Microwave Studio

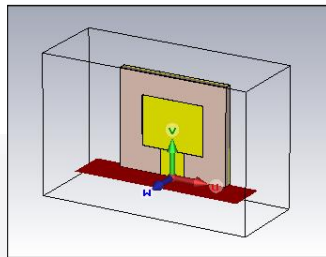
Untuk merealisasikan sebuah antena, diperlukan simulasi terlebih dahulu. Simulasi dilakukan dengan bantuan software *CST Microwave Studio*. Hal ini bertujuan mengetahui dimensi optimal suatu antena. Optimasi akan dilakukan jika hasil *running* berdasarkan dimensi awal hitungan tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Optimasi dilakukan dengan cara mengubah bentuk atau mengubah besaran parameter.

#### 3.4.1 Perancangan *Microstrip Antenna* Konvensional

Pada tahap ini dibuat struktur antena *single patch* dan belum dilakukan penambahan antena. Penulis masih melakukan simulasi sesuai hasil perhitungan perancangan antena. Sehingga berdasarkan hasil perhitungan yang didapat pada Tabel 3.1, diperoleh perancangan seperti Gambar 3.2 berikut ini.

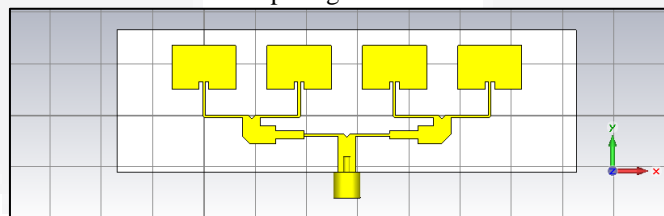
**Tabel 3.1 Hasil Perhitungan Dimensi Antena**

Parameter	Dimensi	Keterangan
$L_p$	9.037 mm	Panjang <i>patch</i>
$W_p$	12.368 mm	Lebar <i>patch</i>
$L_f$	5.75 mm	Panjang <i>line</i> pencatu
$W_f$	4.775 mm	Lebar <i>line</i> pencatu
$L_g$	18.657 mm	Panjang <i>groundplane</i>
$W_g$	21.968 mm	Lebar <i>groundplane</i>
d	6.200 mm	Jarak antar elemen antena



**Gambar 3.2 Perancangan Awal Antena**

Kemudian dilakukan peninjauan terhadap jarak antar *patch* antena, dari grafik diatas terlihat perubahan bahwa semakin jauh jarak antena maka nilai return loss menjadi semakin besar. Selanjutnya akan dilakukan pemotongan di tengah saluran transmisi antena seperti gambar berikut ini.



**Gambar 3.3 Desain Antena Array Mikrostrip Hasil Optimasi**

**Tabel 3.2 Dimensi Perancangan Antena Array Mikrostrip**

Parameter	Nilai (mm)
Jarak antar antena	21.95
Panjang <i>Feeder</i>	5
Panjang <i>Patch</i>	8.5
Panjang substrat	16.7
Panjang slot	1.48
Tebal substrat	1.6
Lebar <i>Feeder</i>	3.27
Lebar <i>patch</i>	12.5
Lebar substrat	16.9
Lebar slot	0.7

## 4. Pengujian Sistem

Pada bab ini akan membahas verifikasi hasil dari desain antena array mikrostrip yang telah dirancang dengan menggunakan perangkat lunak *CST Microwave Studio*. Hasil dari simulasi ini akan dibandingkan dengan pengukuran yang telah direalisasikan.

Pengukuran parameter antenna meliputi *return loss* (parameter  $S_{11}$ ), VSWR, impedansi input, pola radiasi, *gain*, polarisasi. Pengukuran parameter-parameter ini dilakukan di Laboratorium Telekomunikasi Radio dan Gelombang Mikro STEI-ITB.

#### 4.1 Analisis Verifikasi Hasil Desain

Untuk mendapatkan *gain* yang diinginkan maka ada beberapa metode yang dapat dilakukan, salah satunya dengan metode antenna *array*. Pada perancangan ini penulis menambahkan beberapa *patch* menjadi 4 elemen di mana terlihat peningkatan nilai *gain* dibandingkan hanya menggunakan 1 elemen sedangkan *bandwidth* tidak mengalami perubahan yang signifikan. Dengan demikian apabila dilakukan penambahan *patch* antenna secara susun akan nilai *gain* akan meningkat.

#### 4.2 Pengukuran Antena

Pengukuran pada tugas akhir ini terdiri dari dua macam pengukuran yaitu pengukuran fisik antenna dan karakteristik antenna. Hasil yang diperoleh dari pengukuran akan dibandingkan dengan hasil dari simulasi yang dibantu dengan *software CST Microwave Studio*.

Pengukuran karakteristik antenna meliputi VSWR, *return loss*, *bandwidth*, impedansi, pola radiasi, polarisasi dan *gain*. Sedangkan untuk pengukuran secara fisik antenna akan bertujuan untuk mengetahui penyebab penyimpangan karakteristik antenna akibat proses fabrikasi terhadap hasil dari perancangan simulasi. Pengukuran VSWR, *return loss*, *bandwidth*, impedansi, pola radiasi, polarisasi dan *gain* dilakukan di Laboratorium Telekomunikasi Radio dan Gelombang Mikro STEI-ITB.

Dalam pengukuran antenna, ada beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu kemampuan dari alat pengukurannya, seperti daerah frekuensi dan rating maksimum yang mampu diukur oleh alat ukur tersebut. Alat ukur yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

##### 1. Vector Network Analyzer

*Vector Network Analyzer COPPER MOUNTAIN TECHNOLOGIES cobalt series C1220* (100kHz - 20GHz) digunakan pada pengukuran VSWR, *bandwidth*, dan impedansi antenna. Alat ukur ini akan menampilkan grafik dari hasil ukur berupa *return loss*, *bandwidth*, VSWR sebagai fungsi frekuensi dan impedansi dalam bentuk *smith chart*.

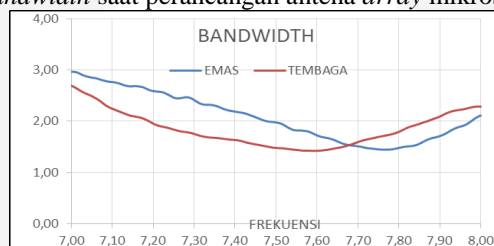
##### 2. Tripod Camera

*Tripod Camera* digunakan untuk mendirikan antenna dalam pengukuran pola radiasi, polarisasi dan *gain*.

#### 4.3 Pengukuran Bandwidth, Impedansi, VSWR dan Return Loss

##### 4.3.1 Pengukuran Bandwidth

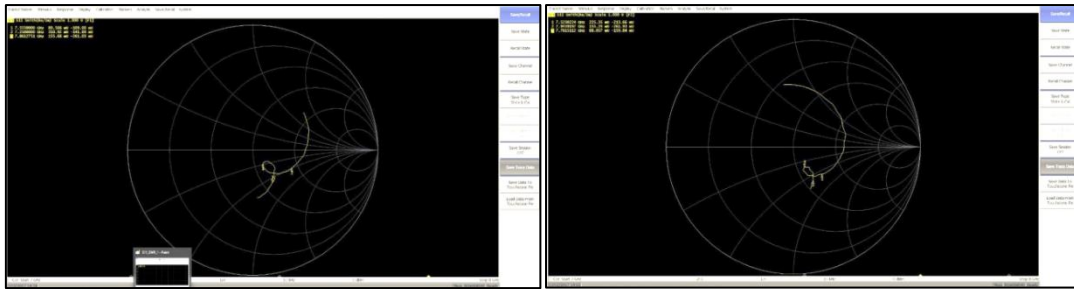
*Bandwidth* hasil pengukuran dilihat dari nilai VSWR pada spesifikasi sebesar  $\leq 2$ , sehingga berdasarkan pengukuran nilai *bandwidth* yang dihasilkan untuk antenna tembaga sebesar 680 MHz dan untuk antenna emas sebesar 505 MHz. Sedangkan *bandwidth* saat perancangan antenna *array* mikrostrip sebesar 700 MHz.



Gambar 4.1 Perbandingan *Bandwidth* Antara Bahan Tembaga Dan Emas Dari Hasil Pengukuran

##### 4.3.2 Pengukuran Impedansi

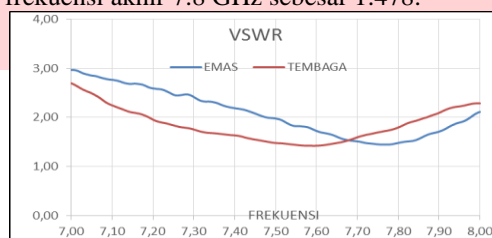
Gambar 4.2 berikut ini, merupakan pengukuran impedansi antenna *array* mikrostrip *rectangular* bahan tembaga pada frekuensi 7.55 GHz didapat hasil impedansi sebesar  $80.566 - j109 \Omega$  dan bahan emas pada frekuensi 7.761 didapat hasil sebesar  $80.057 - j159.84 \Omega$ . Pada antenna ini diharapkan memiliki impedansi beban kurang lebih  $50 \Omega$ .



Gambar 4.2 Hasil Pengukuran Impedansi Menggunakan Vector Network Analyzer COPPER MOUNTAIN TECHNOLOGIES cobalt series C1220 (100kHz - 20GHz)

#### 4.3.3 Pengukuran VSWR

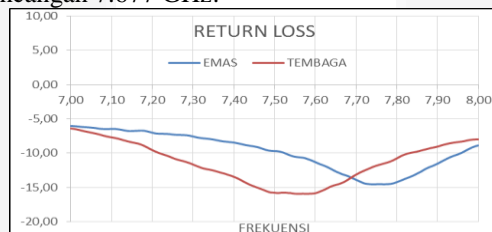
Pada pengukuran VSWR antenna tembaga terlihat bahwa nilai pada frekuensi 7.45 GHz sebesar 1.554 sedangkan pada frekuensi awal 7.1 GHz sebesar 2.245 dan pada frekuensi akhir 7.8 GHz sebesar 1.792 dan untuk antenna emas terlihat bahwa nilai pada frekuensi 7.45 GHz sebesar 2.079 sedangkan pada frekuensi awal 7.1 GHz sebesar 2.766 dan pada frekuensi akhir 7.8 GHz sebesar 1.478.



Gambar 4.3 Perbandingan VSWR Antara Bahan Tembaga Dan Emas Dari Hasil Pengukuran

#### 4.3.4 Pengukuran Return Loss

Pada antenna array mikrostrip tembaga ini diharapkan memiliki nilai *return loss*  $\leq 10$  dB dan pada pengukuran menghasilkan *return loss*  $\leq 10$  dB. Pada saat pengukuran didapatkan nilai frekuensi atas 7.22 GHz sedangkan pada perancangan 7.282 GHz dan nilai frekuensi bawah pada pengukuran didapatkan 7.830 GHz sedangkan pada perancangan 7.675 GHz. Namun untuk antenna array mikrostrip emas didapatkan nilai frekuensi atas 7.525 GHz sedangkan pada perancangan 7.281 GHz dan nilai frekuensi bawah pada pengukuran didapatkan 7.995 GHz sedangkan pada perancangan 7.677 GHz.



Gambar 4.4 Perbandingan Return Loss Antara Bahan Tembaga Dan Emas Dari Hasil Pengukuran

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari seluruh proses perancangan dan realisasi antenna array mikrostrip adalah sebagai berikut :

1. Dengan menggunakan metode *array* dapat meningkatkan *gain*. Semula dengan antenna konvensional hanya menghasilkan *gain* sebesar 5.161 dB, setelah dilakukan metode ini maka *gain* yang dihasilkan menjadi 10.97 dB untuk tembaga dan 10.96 dB untuk emas
2. Telah didapatkan hasil simulasi dengan nilai VSWR antenna tembaga di frekuensi 7.45 GHz sebesar 1.015 serta hasil realisasi sebesar 1.554 dan hasil simulasi antenna emas di frekuensi 7.45 GHz sebesar 1.012 serta hasil realisasi sebesar 2.079, sedangkan pada spesifikasi awal nilai VSWR  $\leq 2$ .
3. Pola radiasi yang dihasilkan baik pada saat simulasi maupun realisasi sudah sesuai pada spesifikasi awal yaitu *unidirectional*.
4. Polarisasi yang dihasilkan pada saat simulasi yaitu *circular*, sedangkan pada pengukuran yaitu elips.
5. Ketepatan dan ketelitian saat pabrikasi sangat mempengaruhi kinerja dari antenna ini di mana dapat menyebabkan adanya perbedaan antara hasil simulasi dengan hasil pengukuran.



## 5.2 Saran

Untuk mendapatkan performansi yang lebih baik lagi saat perancangannya, ada beberapa hal yang bisa dijadikan saran sebagai bahan pertimbangannya antara lain :

1. Untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal dapat menggunakan teknik lain agar mendapatkan *bandwidth* atau *beamwidth* yang bagus tanpa mengurangi *gain* antena.
2. Sebaiknya saat pencetakan antena material tembaga diberi tambahan pelapis perak supaya memberikan konduktivitas yang baik dan tidak merusak antena yang sudah dicetak karena dapat mengakibatkan perubahan atau pergeseran nilai pada parameter antena.
3. Saat pencetakan antena material emas sebaiknya dasarnya dilapisi perak agar memberikan hasil konduktivitas yang baik dan lebih mudah terpasang saat menempel emas ke antena.
4. Ketelitian saat pabrikan sangat penting karena bisa mengakibatkan pengaruh pada hasil pengukuran antena.
5. Lakukan pengukuran di tempat yang ideal. Hindari dari bahan-bahan yang mengandung logam metal karena akan memberikan pantulan sinyal lain. Atau dapat dilakukan di ruangan *anechoic chamber*.

## Daftar Pustaka

1. Alsager, A. F. (2011). *Design and Analysis of Microstrip Patch Antenna Arrays*. Thesis Master of Science with a Major in Electrical Engineering – Communication and Signal Processing. School of Engineering, University College of Borås. [Online]. Tersedia : [https://www.academia.edu/31252988/This\\_thesis\\_comprises\\_30\\_ECTS\\_credits\\_and\\_is\\_a\\_compulsory\\_part\\_in\\_the\\_Master\\_of\\_Science\\_with\\_a\\_Major\\_in\\_Electrical\\_Engineering\\_Communication\\_and\\_Signal\\_processing\\_Design\\_and\\_Analysis\\_of\\_Microstrip\\_Patch\\_Antenna\\_Arrays](https://www.academia.edu/31252988/This_thesis_comprises_30_ECTS_credits_and_is_a_compulsory_part_in_the_Master_of_Science_with_a_Major_in_Electrical_Engineering_Communication_and_Signal_processing_Design_and_Analysis_of_Microstrip_Patch_Antenna_Arrays) [17 Februari 2015]
2. Balanis, C. A. (2005). *Antenna Theory Analysis and Desain 3<sup>rd</sup> edition*. United States : Wiley InterScience.
3. Casu, G., Moraru, C., dan Kovacs, A. (2014). *Design and Implementation of Microstrip Patch Antenna Array*. Communications (COMM), 2014 10<sup>th</sup> International Conference On. Tersedia : <http://ieeexplore.ieee.org/document/6866738> [28 Juli 2014]
4. Horwath, B. (2012). Microstrip Patch Antenna Design Principles. SCU Center for Analog Design and Research. [Online]. Tersedia : <http://students.engr.scu.edu/~bhorwath/presentations/Microstrip%20Patch%20Antenna%20Design.pdf> [29 November 2014]
5. Itoh, T., dan Mittra, R. (1972). *Analysis Of Microstrip Transmission Lines*. Scientific Report. Engineering Experiment Station, University of Illinois. [Online]. Tersedia : <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/746059.pdf> [6 April 2015]
6. Khraisat, Y. S. H. (2012). Design of 4 Elements Rectangular Microstrip Patch Antenna with High Gain for 2.4 GHz Applications. *Modern Applied Science*, 6(1):68-74. [Online]. Tersedia : <http://ccsenet.org/journal/index.php/mas/article/view/12540> [4 April 2015]
7. Kurniawan, B. Y. (2011). *Perancangan Dan Realisasi Antena Array Mikrostrip 6 Elemen Pada Frekuensi 2,35 GHz Dan 3,35 GHz*. Tugas Akhir Diploma 3, Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom. [Online]. Tersedia : <https://openlibrary.telkomuniversity.ac.id/pustaka/29426/perancangan-dan-realisis-antena-array-mikrostrip-6-elemen-pada-frekuensi-2-35-ghz-dan-3-35-ghz.html> [21 November 2011]
8. Nachwan, M. A. (2001). Modul Antena dan Propagasi. Bandung : STT Telkom.
9. Ojha, J. R., dan Peters, M. (2010). Patch Antennas and Microstrip Lines, Microwave and Millimeter Wave Technologies Modern UWB Antennas and Equipment, Igor Mini (Ed.), ISBN: 978-953-7619-67-1, InTech, [Online]. Tersedia : <http://www.intechopen.com/books/microwave-and-millimeter-wave-technologies-modern-uwbantennas-and-equipment/patch-antennas-and-microstrip-lines> [29 November 2014]
10. Pambudhi, H. T., Darjat, D., dan Zahra, A. A. (2010). Perancangan dan Analisis Antena Mikrostrip dengan Metode Aperture Coupled Feed pada Frekuensi 800 MHz. *TRANSMISI*, 12(1), 14-20. [Online]. Tersedia : <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/transmisi/article/view/3594> [21 November 2011]
11. Rahmawati, E., Setijadi, E., dan Hendratoro, G. (2013). Optimasi Antena Mikrostip Rectangular Patch Polarisasi Sirkuler pada Frekuensi 2.4 GHz dengan Algoritma Genetika untuk Satelit Nano. *JURNAL TEKNIK POMITS*, 2(2). [Online]. Tersedia : <http://ejournal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/3337/996> [11 Februari 2015]
12. Wikipedia. (2017). Electrical Resistivity and Conductivity. [Online]. Tersedia : [https://en.wikipedia.org/wiki/Electrical\\_resistivity\\_and\\_conductivity](https://en.wikipedia.org/wiki/Electrical_resistivity_and_conductivity) [10 Juli 2017]