

# PERANCANGAN ANTENA MIKROSTRIP ARRAY 2x1 UNTUK MENINGKATKAN GAIN UNTUK APLIKASI LTE PADA FREKUENSI 2.300 MHz

## *DESIGNING 2x1 ARRAY MICROSTRIP ANTENNA TO IMPROVE GAIN FOR LTE APPLICATIONS IN 2,300 MHz FREQUENCY*

Syah Alam<sup>1</sup>, Robbi Fajar Nugroho<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta, <sup>2</sup>Akademi Telkom – Jakarta  
<sup>1</sup>alam\_bizkit@yahoo.com, <sup>2</sup>robby.fajarnugroho@yahoo.com

### Abstrak

Penelitian ini mengusulkan antenna mikrostrip *array* pada frekuensi kerja 2.300 MHz untuk aplikasi LTE. Antena mikrostrip yang dirancang pada penelitian ini menggunakan *patch* persegi panjang (*rectangular*) berjumlah dua *patch* elemen yang disusun secara *linear array* untuk aplikasi LTE (*Long Term Evolution*) 2.300 MHz. Jenis substrat yang dipakai adalah FR-4 dengan konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ ) = 4,3 dan ketebalan substrat ( $h$ ) = 1,6 mm. Teknik pencatutan yang digunakan adalah pencatutan secara tidak langsung menggunakan saluran mikrostrip (*microstrip line feed*). Untuk meningkatkan *gain*, antena disusun secara *array*. Parameter antena yang akan diuji adalah nilai *return loss*  $\leq -10$  dB, *VSWR*  $\leq 2$ , dan nilai *gain*. Hasil simulasi rancangan dua elemen *array* dengan ukuran substrat 134 mm x 91 mm didapatkan nilai *return loss* -35,08 dB, *VSWR* 1,035 untuk frekuensi 2,3 GHz, nilai *gain* 7,466 dB.

**Kata Kunci:** antena, mikrostrip, *gain*, *long term evolution*, *array*

### Abstract

*This research proposes an array microstrip antenna design at the working frequency of 2,300 MHz for LTE applications. The microstrip antenna designed in this study uses a rectangular patch which consists of two patch elements in linear array for the 2,300 MHz LTE (Long Term Evolution) application. The substrate applied was FR-4 in which the dielectric constant ( $\epsilon_r$ ) is 4.3 and the substrate thickness ( $h$ ) was 1.6 mm. The distribution technique applied was indirect distribution using microstrip line feed. To increase the gain, the antenna was arranged in array. The return loss value of antenna to test was  $\leq -10$  dB, and gain value of antenna to test was *VSWR*  $\leq 2$ . The simulation design of two array elements applying 134 mm x 91 mm substrate shows return loss value -35.08 dB, *VSWR* 1.035 for 2.3 GHz frequency, and gain value 7,466 dB.*

**Keywords:** antenna, microstrip, *gain*, *long term evolution*, *array*.

Tanggal Terima Naskah : 09 Mei 2018  
Tanggal Persetujuan Naskah : 04 Juni 2018

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi saat ini semakin pesat, terutama dalam telekomunikasi tanpa kabel (*wireless*). Kebutuhan masyarakat terhadap kecepatan proses transfer data membuat banyak *provider* telekomunikasi melakukan optimasi jaringan agar dapat memenuhi kebutuhan pelanggan. Di sisi *user* diperlukan sebuah perangkat penerima yang dapat bekerja pada *bandwidth* lebar agar dapat bekerja untuk beberapa sistem telekomunikasi yang digunakan. Beberapa alokasi frekuensi tersebut adalah DCS berlaku pada pita frekuensi 1.710-1.885 MHz, PCS pada pita frekuensi 1.907,5–1.912,5 MHz, UMTS pada pita frekuensi 1.920- 2.170 MHz, WLAN 2,4 GHz pada pita frekuensi 2.400-2.483,5 MHz, LTE 2,3 GHz [1]. Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia Nomor 28/PER/M.KOMINFO/09/2014 menetapkan bahwa rentang frekuensi 2.300 – 2.400 MHz digunakan untuk sistem komunikasi pita lebar (*Broadband*) [2].

Sistem komunikasi tanpa kabel membutuhkan suatu alat yang dapat berfungsi sebagai pemancar dan penerima (*transmitter* dan *receiver*). Untuk dapat memfasilitasi kebutuhan akan teknologi telekomunikasi yang berkembang saat ini diperlukan perangkat antena yang mampu melakukan penerimaan sinyal di beberapa frekuensi kerja yang berbeda. Salah satu jenis antena yang saat ini banyak digunakan untuk komunikasi tanpa kabel adalah antena mikrostrip. Antena mikrostrip memiliki kelebihan, diantaranya bentuk yang kecil, kompak, dan sederhana. Namun, jenis antena ini memiliki beberapa kekurangan, diantaranya *gain* yang rendah, keterarahan yang kurang baik, efisiensi rendah, rugi-rugi hambatan pada saluran pencatu, dan lebar pita yang sempit [3].

Dalam perkembangan saat ini, perangkat telekomunikasi berkembang dengan ukuran yang semakin kecil dan *compact* sehingga mudah disimpan dan dioperasikan. Hal ini menunjukkan diperlukannya sebuah *device* antena yang memiliki ukuran kecil untuk dapat disisipkan atau dimasukkan ke dalam perangkat telekomunikasi tersebut. Antena mikrostrip sangat cocok untuk diaplikasikan pada perangkat telekomunikasi yang bentuknya kecil, namun kendala yang terjadi adalah efisiensi *bandwidth*, *gain* yang kecil, serta keterarahan yang kurang baik sehingga kualitas dan *level* penerimaan sinyal tidak optimal.

Untuk meningkatkan nilai penguatan antena mikrostrip dapat dilakukan dengan menggunakan metode *array*. Metode *array* dilakukan dengan cara menyusun antena mikrostrip menjadi beberapa patch yang dihubungkan dengan saluran pencatu (*microstrip line*). Dalam penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh [4-7] dapat dilihat bahwa penggunaan metode *array* dapat meningkatkan nilai *gain* dari antena mikrostrip. Hal ini yang melatar belakangi peneliti melakukan perancangan antena mikrostrip dengan menggunakan metode *array* untuk meningkatkan nilai *gain* sehingga dapat digunakan untuk aplikasi 4G/LTE.

## 2. KONSEP DASAR

### 2.1 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip merupakan sebuah antena yang memiliki bentuk dan ukuran yang ringkas sehingga dapat digunakan untuk berbagai macam aplikasi yang membutuhkan spesifikasi antena berdimensi kecil sehingga mudah dibawa dan dapat diintegrasikan dengan rangkaian elektronik lainnya, seperti IC, rangkaian aktif, dan rangkaian pasif. Antena ini dapat diaplikasikan pada berbagai kegunaan, seperti komunikasi satelit, komunikasi radar, militer, dan aplikasi bergerak (*mobile*)[8].

Antena mikrostrip ini memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan antena lainnya, yaitu:

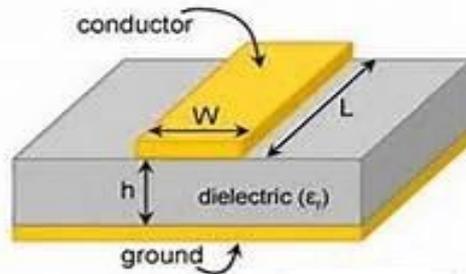
- a. Konfigurasi yang *low profile* sehingga bentuknya dapat disesuaikan dengan perangkat utamanya.

- b. Mempunyai bobot yang ringan dan ukuran yang kecil.
- c. Kemampuan dalam *dual frequency*.
- d. Dapat dengan mudah diintegrasikan dengan *microwave integrated circuits* (MICs)

Namun, selain beberapa keuntungan yang dimiliki, antena mikrostrip juga memiliki beberapa kekurangan, yaitu:

- a. Efisiensi yang rendah.
- b. Memiliki *bandwidth* yang sempit.
- c. Mempunyai kemurnian pola radiasi yang rendah [8].

Antena mikrostrip memiliki empat bagian dasar, yaitu elemen peradiasi (*patch*), substrat dielektrik, saluran transmisi, dan bidang pentanahan (*ground plane*) yang terlihat pada gambar 1 berikut ini [8].



Gambar 1. Geometri dari antena mikrostrip [8]

Terdapat berbagai macam *patch* pada antena mikrostrip, salah satu bentuk *patch* adalah segiempat. Bentuk ini memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan bentuk *patch* lainnya karena dalam segi perancangan dan pembuatannya lebih mudah dan bentuknya lebih sederhana dibandingkan dengan bentuk *patch* lainnya. Selain itu prosesnya lebih mudah dan dapat disimulasikan dengan menggunakan bantuan *software*. Untuk mencari dimensi antena *microstrip* (*W* dan *L*), harus diketahui terlebih dahulu parameter bahan yang digunakan, yaitu tebal dielektrik (*h*), konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ ), tebal konduktor (*t*), dan rugi-rugi bahan. Panjang antena *microstrip* harus disesuaikan, karena apabila terlalu pendek maka *bandwidth* akan sempit sedangkan apabila terlalu panjang *bandwidth* akan menjadi lebih lebar tetapi efisiensi radiasi akan menjadi kecil. Dengan mengatur lebar dari antena *microstrip* (*W*) impedansi *input* juga akan berubah. Pendekatan yang digunakan untuk mencari panjang dan lebar antena *microstrip* dapat menggunakan persamaan [8] berikut ini:

- a. Rumus untuk mencari lebar antena (*W*)

$$W = \frac{c}{2f \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \dots\dots\dots (1)$$

dimana:

- W = lebar konduktor
- $\epsilon_r$  = konstanta dielektrik
- c = kecepatan cahaya di ruang bebas ( $3 \times 10^8$ )
- $f_0$  = frekuensi kerja antena

- b. Rumus untuk mencari panjang antena (*L*)

$$L = L_{eff} - 2\Delta L \dots\dots\dots (2)$$

dimana  $L_{eff}$  merupakan panjang efektif antena

$$L_{eff} = \frac{c}{2f\sqrt{\epsilon_r}} \dots\dots\dots (3)$$

c. Rumus untuk mencari konstanta dielektrik efektif

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{W}\right]^{-\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (4)$$

dimana:

- W = Lebar *patch* (mm)
- $L_{eff}$  = Panjang efektif (mm)
- Fr/  $F_{10}$  = Frekuensi kerja (MHz)
- $\epsilon_{reff}$  = konstanta dielektrik efektif
- h = Ketebalan bahan (mm)
- $\epsilon_r$  = konstanta dielektrik
- c = kecepatan cahaya ( $3 \times 10^8$ )

## 2.2 Teknik Pencatuan

Teknik pencatuan pada antena mikrostrip adalah teknik untuk mentransmisikan energi elektromagnetik ke antena mikrostrip dan teknik pencatuan merupakan salah satu hal penting dalam menentukan proses perancangan antena mikrostrip. Masing-Masing teknik mempunyai kelebihan dan kelemahan masing-masing [2]. Saluran transmisi mikrostrip (*microstrip feed line*) merupakan saluran dengan garis (*strip*) dan bidang pentahanan (*ground plane*) yang dipisahkan oleh substrat [9]. Impedansi karakteristik ( $Z_0$ ) saluran mikrostrip ditentukan oleh lebar *strip* (W) dan tinggi substrat (h) seperti terlihat pada gambar 2.

Terdapat dua karakteristik untuk saluran transmisi mikrostrip, yaitu [9] karakteristik saluran mikrostrip untuk  $W/h < 1$  dan karakteristik saluran mikrostrip untuk  $W/h > 1$ . Untuk mencari impedansi karakteristik ( $Z_0$ ) pada saluran mikrostrip  $W/h < 1$  dapat menggunakan rumus berikut [10]:

a. Menghitung konstanta dielektrik untuk  $W/h < 1$ :

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{2} \left[ \frac{1}{\sqrt{1+12h/w}} + 0.04 \left(1 - \frac{w}{h}\right)^2 \right] \dots\dots\dots (5)$$

b. Impedansi karakteristik untuk  $W/h < 1$ :

$$Z_0 = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \ln \left( \frac{8h}{w} + \frac{w}{4h} \right) \dots\dots\dots (6)$$

c. Menghitung konstanta dielektrik untuk  $W/h > 1$ :

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{2} \left[ \frac{1}{\sqrt{1+12h/w}} \right] \dots\dots\dots (7)$$

d. Impedansi karakteristik untuk  $W/h > 1$ :

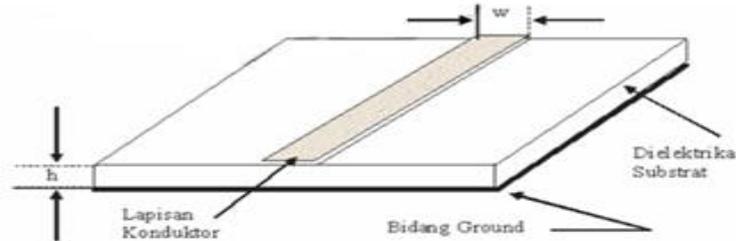
$$Z_0 = \frac{120\pi/\sqrt{\epsilon_{eff}}}{W/h+1.393+\ln(W/h+1.44)} \dots\dots\dots (8)$$

- e. Menghitung lebar saluran mikrostrip

$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[ \ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \right\} \dots\dots\dots (9)$$

- f. Nilai B

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0\sqrt{\epsilon_{eff}}} \dots\dots\dots (10)$$

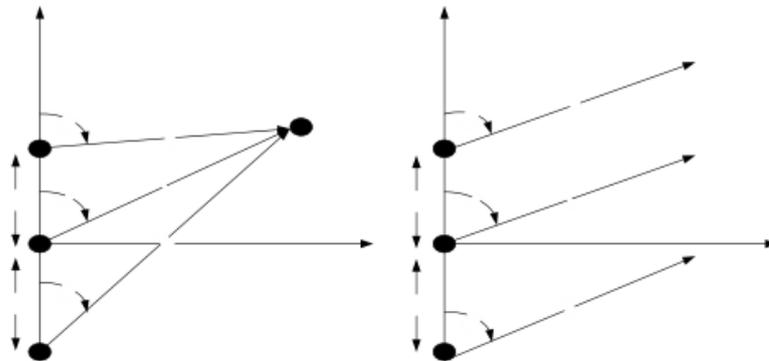


Gambar 2. Saluran Mikrostrip [9]

**2.2.1 Antena Susun (Array)**

Umumnya antena elemen tunggal memiliki pola radiasi yang sangat lebar, setiap elemen tersebut menghasilkan keterarahan dan perolehan (*gain*) yang rendah. Pada banyak aplikasi diperlukan antena dengan keterarahan yang baik dan perolehan (*gain*) yang tinggi. Contoh aplikasi yang membutuhkan karakteristik tersebut, antara lain radar, penginderaan jauh, komunikasi satelit, dan banyak lagi. Kebutuhan karakteristik ini dapat dipenuhi dengan menyusun antena dengan beberapa konfigurasi. Antena susunan ini sering disebut dengan antena *array* [11].

Antena *array* adalah susunan dari beberapa antena yang identik. Sinyal dari antena tersebut digabung atau diproses untuk meningkatkan performansi yang diperoleh dari satu antena. Tujuan membuat antena *array*, antara lain untuk meningkatkan *gain* antena, meningkatkan *directivity* antena, mengarahkan daya pancar menuju sektor sudut yang diinginkan, menentukan arah kedatangan sinyal, dan memaksimalkan SNR (*Signal to Interference Plus Noise Ratio*). Jumlah elemen, pengaturan geometris, amplitudo relatif, dan fase relatif dari antena yang akan di-*array* bergantung pada pola sudut yang harus dicapai. Jika antena *array* telah dirancang untuk fokus ke arah tertentu, maka akan mudah untuk mengarahkan ke beberapa arah lain dengan mengubah fase relatif dari elemen *array*, proses ini disebut *steering* atau *scanning* [11] yang dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Geometri Dua Elemen Array [11]

Persamaan rumus yang bisa digunakan untuk merancang antena *array* adalah [11]:

- a. Jarak antara elemen *patch*

$$d = \frac{\lambda}{2} \dots\dots\dots (11)$$

- b. Menghitung *array factor*

$$AF = 2 \cos \left[ \frac{1}{2} (kd \cos\theta + \beta) \right] \dots\dots\dots (12)$$

Perbedaan fasa eksitasi antara elemen antena *array*

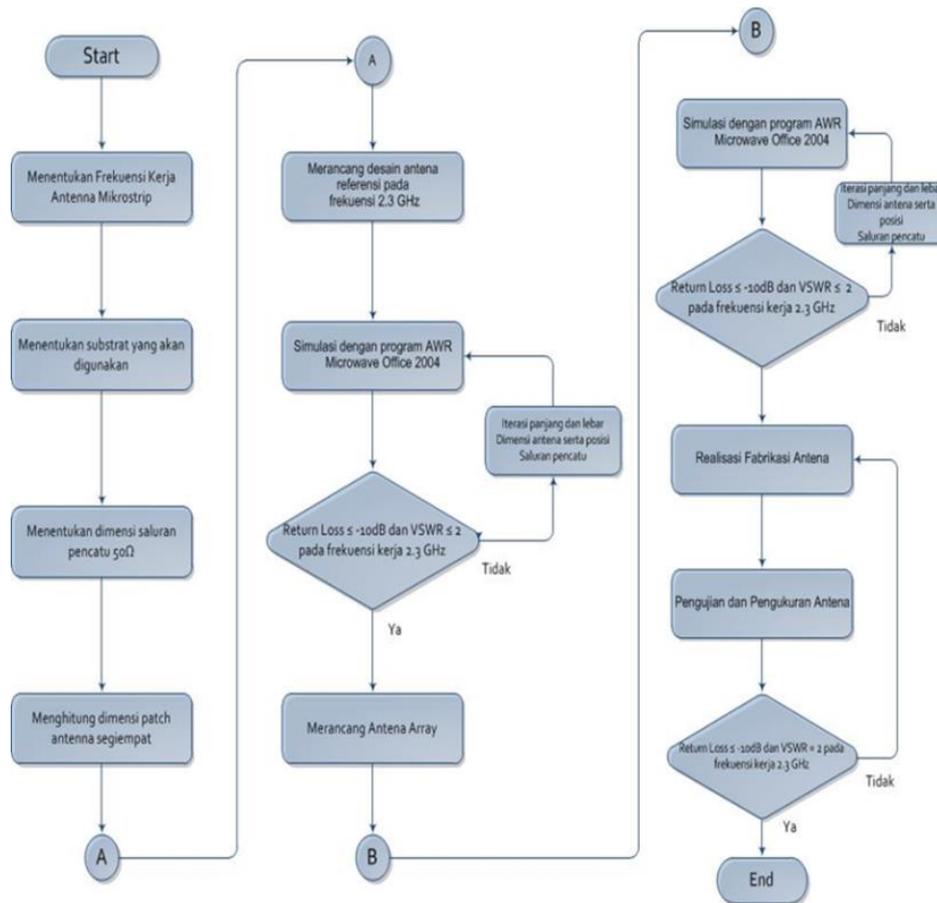
$$\Delta l = \frac{\theta \lambda}{360} \dots\dots\dots (13)$$

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Metode Perancangan

Proses perancangan antena dilakukan melalui beberapa tahapan, mulai dari menentukan frekuensi kerja yang diinginkan selanjutnya menentukan substrat yang akan digunakan. Setelah beberapa hal tersebut dilakukan, maka perancangan antena sudah dapat dilakukan, yaitu menentukan dan menghitung dimensi *patch*, menghitung dimensi pencatu, melakukan simulasi antena yang telah dirancang, melakukan rancang bangun antena dan melakukan pengukuran antena dengan perangkat yang tersedia, juga dilakukan pengukuran di ruang bebas pantulan (*anechoic chamber*).

Pada penelitian ini dilakukan perancangan awal antena tunggal dengan iterasi melalui perangkat lunak komputer. Setelah diperoleh bentuk yang kompak, dilakukan tahapan berikutnya dengan menyusun beberapa *patch* antena mikrostrip dengan metode *array* untuk mendapatkan nilai *gain* yang maksimal. Untuk memperoleh hasil yang optimal dilakukan iterasi terhadap ukuran saluran catu, panjang dan lebar potongan, serta jarak antar *patch* antena ketika di *array*. Adapun indikator parameter antena mikrostrip yang akan dicapai antara lain meliputi parameter *return loss*, VSWR, lebar pita, pola radiasi, dan polarisasi. Parameter *return loss* yang diharapkan adalah  $\leq -10\text{dB}$ ,  $\text{VSWR} \leq 2$ , dan nilai *gain*  $\pm 5 \text{ dB}$ . Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

Dalam perancangan ini digunakan perangkat lunak dengan bantuan komputer untuk melakukan simulasi parameter antenna yang didesain. Setelah diperoleh hasil simulasi yang baik, selanjutnya dilakukan proses fabrikasi untuk diuji di lapangan.

### 3.2 Peralatan dan Bahan

Dalam penelitian ini dibutuhkan beberapa peralatan dan bahan yang digunakan untuk perancangan antenna mikrostrip. Peralatan yang dibutuhkan dalam perancangan antenna mikrostrip, antara lain:

- Peralatan yang digunakan, yaitu PC yang sudah ter-*install software* AWR, di dalam *software* AWR terdapat *enclouser* sebagai garis pembatas ketika mendesain antenna. Pada *software* AWR juga bisa melihat parameter antenna yang sedang didesain seperti nilai VSWR dan *return loss*.
- Software Matlab* yang berfungsi sebagai *software* untuk menghitung lebar *patch* (W), panjang efektif (Leff), memberikan perhitungan yang hasilnya digunakan sebagai dasar pembuatan antenna,
- Software* PCAAAD berfungsi khusus digunakan untuk menghitung lebar *patch* (W) dan panjang *patch* (L) antenna yang berbentuk *Patch Rectangular* segi empat

Antena yang dirancang menggunakan bahan berbentuk PCB (*Printed Circuit Board*). Antena yang dirancang adalah antenna mikrostrip yang berbentuk persegi dengan substrat FR-4 epoxy. Dalam pemilihan jenis substrat sangat dibutuhkan pengenalan tentang spesifikasi umum dari substrat tersebut, yaitu kualitasnya. Berikut adalah spesifikasi substrat yang digunakan.

Tabel 1. Spesifikasi substrat FR-4 epoxy

Jenis substrat	FR-4 epoxy
Konstanta dielektrik <i>relative</i> ( $\epsilon_r$ )	4,3
Dielektrik <i>Loss Tangent</i> ( $\tan\delta$ )	0,0265
Ketebalan Substrat ( $h$ )	1,6 mm
Ketebalan Konduktor ( $t$ )	0,07 mm

#### 4. DESAIN DAN PERANCANGAN ANTENNA

##### 4.1 Desain Antena Mikrostrip Satu Elemen

Dalam pembuatan desain awal antena mikrostrip terlebih dahulu diketahui karakteristik dari komponen bahan penyusun antena, diantaranya spesifikasi papan substrat yang digunakan, frekuensi yang ditentukan, panjang dan lebar elemen *patch* antena. Pada penelitian ini karakteristik substrat yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ ) = 4,3
- Ketebalan substrat ( $h$ ) = 1,6 mm
- Loss tangent* = 0,0265
- Frekuensi kerja = 2,3 GHz =  $23 \times 10^8$  Hz

Selanjutnya dimensi elemen peradiasi (*patch*) berbentuk persegi panjang ( $W > L$ ) dirancang dengan menggunakan persamaan 1 berikut ini:

##### a. Lebar *patch* (*width*):

$$W = \frac{C}{2f\sqrt{\frac{\epsilon_r+1}{2}}}$$

$$W = \frac{3 \times 10^8}{2 \cdot (23 \times 10^8) \sqrt{\frac{4.3+1}{2}}}$$

$$W = 0,040 \text{ m dibulatkan menjadi } 40 \text{ mm}$$

##### b. Panjang *patch* (*length*):

$$L = L_{\text{eff}} - 2\Delta L$$

Untuk menghitung panjang *patch* ( $L$ ) dibutuhkan persamaan 2, yaitu panjang efektif ( $L_{\text{eff}}$ ) dan persamaan 3 untuk panjang tambahan *patch* ( $\Delta L$ ) dimana panjang efektif ( $L_{\text{eff}}$ ) adalah:

$$L_{\text{eff}} = \frac{C}{2f\sqrt{\epsilon_r}}$$

Untuk menghitung panjang efektif ( $L_{\text{eff}}$ ) dibutuhkan persamaan 4, yaitu konstanta dielektrik efektif ( $\epsilon_{\text{eff}}$ ) dimana:

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{2} \left[ 1 + 12 \frac{h}{W} \right]^{-\frac{1}{2}}$$

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{4.3+1}{2} + \frac{4.3-1}{2} \left[ 1 + 12 \frac{1.6}{40} \right]^{-\frac{1}{2}}$$

$$\epsilon_{\text{reff}} = 4,0066$$

Maka,

$$L_{\text{eff}} = \frac{3 \times 10^8}{2(24 \times 10^8) \sqrt{4.3}}$$

$$L_{\text{eff}} = 0,03258 \text{ m} = 32,58 \text{ mm}$$

Untuk panjang tambahan *patch* ( $\Delta L$ ) dapat menggunakan persamaan seperti berikut.

$$\Delta L = 0,412 \cdot h \frac{(\epsilon_{\text{reff}} + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264\right)}{(\epsilon_{\text{reff}} - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8\right)}$$

$$\Delta L = 0,412 \times 1.6 \frac{(3.998 + 0.3) \left(\frac{40}{1.6} + 0.264\right)}{(3.998 - 0.258) \left(\frac{40}{1.6} + 0.8\right)}$$

$$\Delta L = 2,299 \text{ mm}$$

maka panjang *patch* antena ( $L$ ) adalah:

$$L = L_{\text{eff}} - \Delta L$$

$$L = 32,58 - 2,299$$

$$L = 30,281 \text{ mm dibulatkan menjadi } 30,3 \text{ mm}$$

### c. Lebar Saluran Mikrostrip ( $w$ )

Pada perancangan lebar saluran mikrostrip ( $w$ ) terlebih dahulu diketahui nilai konstanta dielektrik substrat ( $\epsilon_r$ ), yaitu sebesar 4,3 dan nilai impedansi. Pada penelitian ini digunakan konektor SMA 50 $\Omega$ . Untuk mendapatkan impedansi *matching* nilai  $Z_0$  sama dengan nilai konektor SMA, yaitu 50 $\Omega$  sehingga diperlukan persamaan 9 nilai B, yaitu:

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}}$$

$$B = \frac{60\pi^2}{50 \sqrt{4.3}}$$

$$B = 5,705 \text{ dibulatkan menjadi } 5,7$$

maka lebar saluran pencatu untuk 50 $\Omega$  sesuai dengan persamaan matematis 10 adalah:

$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[ \ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \right\}$$

$$W = \frac{2(1.6)}{3.14} \left\{ 5.7 - 1 - \ln(2(5.7) - 1) + \frac{4.3 - 1}{2(4.3)} \left[ \ln(5.7 - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{4.3} \right] \right\}$$

$$W = \frac{3.2(4.7 - 2.341) - \frac{3.3}{8.6}(1.547 + 0.39 - 0.141)}{3.14}$$

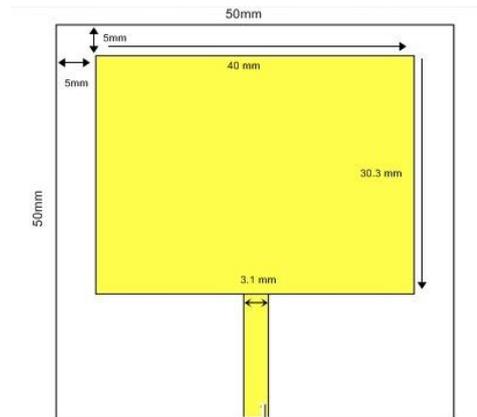
$$W = \frac{3.2(4.7 - 2.341 + 0.68905)}{3.14} = \frac{9.75376}{3.14}$$

$$W = 3,106 \text{ mm dibulatkan menjadi } 3,1 \text{ mm}$$

Setelah dilakukan perhitungan maka didapatkan bentuk antena dengan ukuran seperti berikut:

Lebar <i>patch</i> (W)	: 40 mm
Panjang <i>patch</i> (L)	: 30,3 mm
Lebar Satuan Pencatu ( $w$ )	: 3,1 mm

Hasil rancangan satu elemen (*patch*) antena mikrostrip seperti terlihat pada gambar 5 berikut ini:

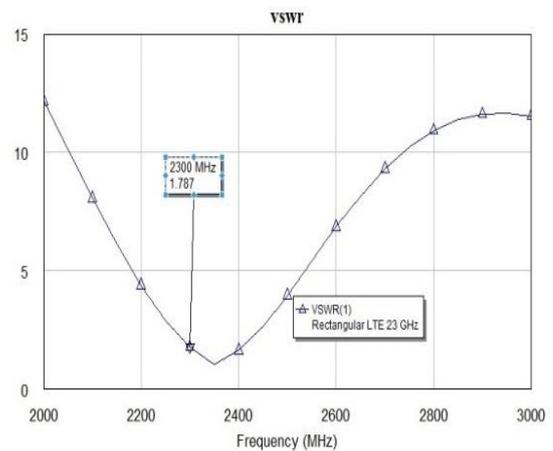
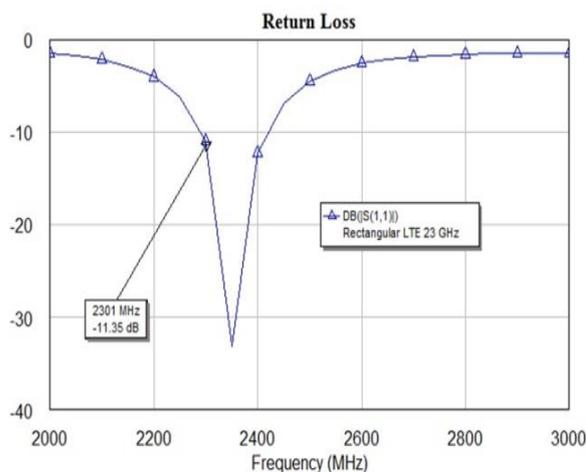


Gambar 5. Desain Satu Elemen Antena Mikrostrip

Untuk memperoleh hasil simulasi terbaik dilakukan proses iterasi dengan melakukan perubahan terhadap dimensi panjang dan lebar *patch* antena mikrostrip. Adapun hasil keseluruhan dari proses iterasi dan simulasi antena dapat dilihat pada gambar 6 (a), (b), (c) dan tabel 2 berikut ini.

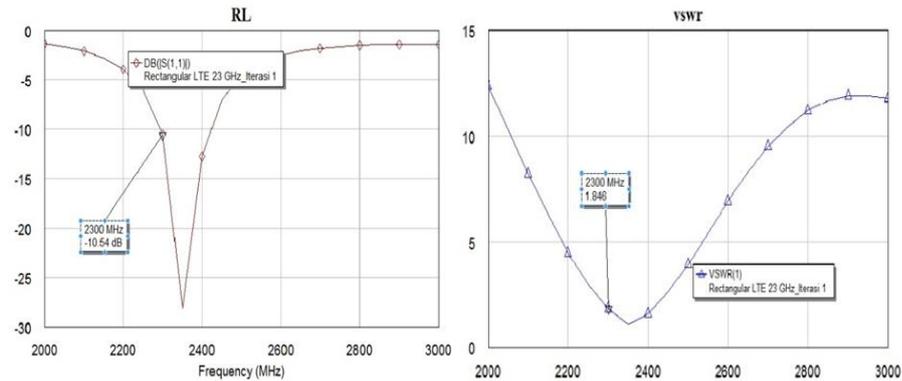
Tabel 2. Perbandingan desain awal dengan iterasi

	<i>Enclosure</i>	Panjang <i>Patch</i> (L)	Lebar <i>Patch</i> (W)	Frekuensi Tengah	<i>Return Loss</i>	VSWR
Desain Awal	50 mm x 50 mm	40 mm	29,03 mm	2,3 GHz	-11,35 dB	1,787
Iterasi Pertama	50 mm x 50 mm	40 mm	30,03 mm	2,3 GHz	-10,54 dB	1,846
Iterasi Kedua	50 mm x 50 mm	40 mm	31,03 mm	2,3 GHz	-20,28 dB	1,214



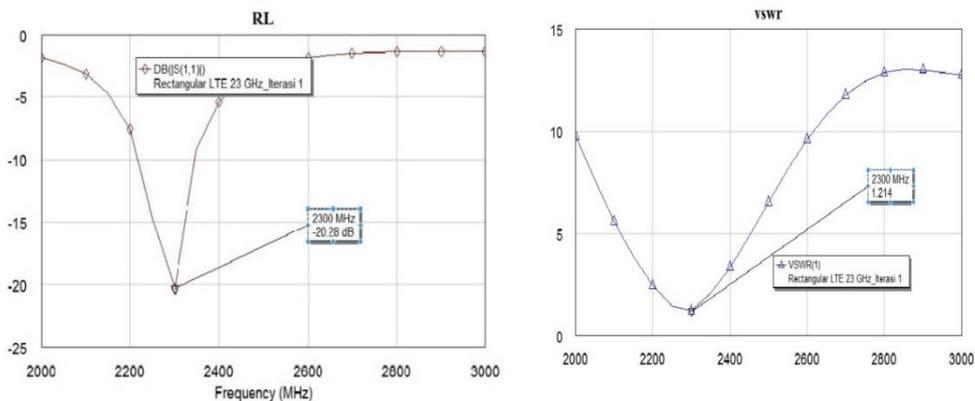
(a). Simulasi Iterasi Awal

Gambar 6. Hasil simulasi *return loss* dan VSWR dari proses iterasi antena desain awal



(b). Simulasi Iterasi Pertama

Gambar 6. Hasil simulasi *return loss* dan VSWR dari proses iterasi antena desain awal (Lanjutan)



(c). Simulasi Iterasi Kedua

Gambar 6. Hasil simulasi *return loss* dan VSWR dari proses iterasi antena desain awal (Lanjutan)

Dari gambar 6 dan tabel 2 dapat dilihat bahwa hasil simulasi terbaik untuk desain antena mikrostrip elemen tunggal diperoleh pada iterasi kedua pada saat dimensi  $W = 31,03$  mm dan  $L = 40$  mm dengan nilai *return loss*  $-20,28$  dB dan VSWR  $1,214$  pada frekuensi kerja  $2.300$  MHz.

#### 4.2 Desain Antena Array 2x1

Dalam mendesain antena mikrostrip diperlukan perhitungan matematis untuk lebar saluran pencatu  $50\Omega$ ,  $100\Omega$ , dan  $70,7\Omega$ , serta jarak antar elemen peradiasi (*patch*). Perhitungan matematis untuk jarak antar elemen peradiasi (*patch*) menggunakan persamaan 11 sedangkan untuk lebar saluran pencatu menggunakan persamaan 9 dan 10 berikut ini:

##### a. Jarak antar elemen peradiasi (*patch*):

$$d = \frac{\lambda}{2}$$

Untuk frekuensi kerja  $2,3$  GHz:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{2,3 \times 10^9} = 0,130 \text{ m} = 130 \text{ mm}$$

$$d = \frac{130}{2} = 65 \text{ mm} \text{ untuk jarak antara titik pusat } patch \text{ antena.}$$

Karena susunan antena *linear array* horisontal maka panjang antar sisi *patch* antena adalah:

$$d_{\text{susun}} = d - L$$

$$d_{\text{susun}} = 65 - 32$$

$$d_{\text{susun}} = 33 \text{ m}$$

**b. Lebar Saluran Pencatu 100Ω:**

$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[ \ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \right\}$$

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_{\text{eff}}}}$$

Nilai B untuk saluran pencatu 100Ω:

$$B = \frac{60(3.14)^2}{100\sqrt{4.3}}$$

$$B = 0,519 \text{ dibulatkan menjadi } 0,52$$

Maka lebar saluran pencatu untuk impedansi karakteristik 100Ω adalah:

$$W = \frac{2(1.6)}{3.14} \left\{ 0.52 - 1 - \ln(2(0.52) - 1) + \frac{4.3 - 1}{2(4.3)} \left[ \ln(0.52 - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{4.3} \right] \right\}$$

$$W = 0,072 \text{ cm dibulatkan menjadi } 0,72 \text{ mm atau } 1 \text{ mm}$$

**c. Lebar Saluran Pencatu 70.7Ω :**

$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[ \ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \right\}$$

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_{\text{eff}}}}$$

Nilai B untuk saluran pencatu 70,7Ω:

$$B = \frac{60(3.14)^2}{70.7\sqrt{4.3}}$$

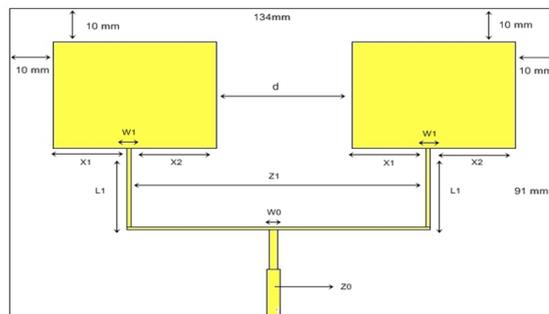
$$B = 0,9951 \text{ dibulatkan menjadi } 1$$

maka lebar saluran pencatu 70,7Ω adalah:

$$W = \frac{2(1.6)}{3.14} \left\{ 1 - 1 - \ln(2(1) - 1) + \frac{4.3 - 1}{2(4.3)} \left[ \ln(1 - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{4.3} \right] \right\}$$

$$W = 0,16153 \text{ cm atau } 1,6 \text{ mm dibulatkan menjadi } 2 \text{ mm}$$

Bentuk dan dimensi dari hasil rancangan antenna mikrostrip array 2x1 untuk aplikasi LTE pada frekuensi 2,3 GHz dapat dilihat pada gambar 7 dan tabel 3.



Gambar 7. Desain awal antenna Mikrostrip 2x1 Array

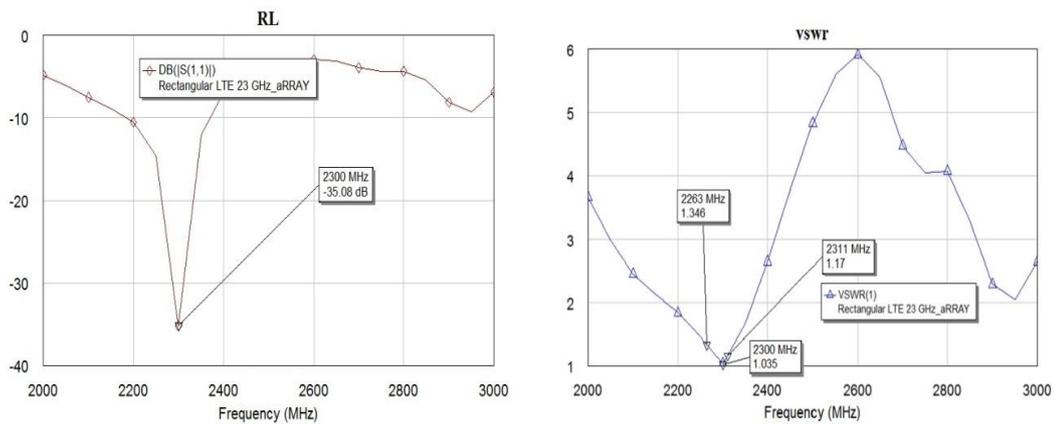
Tabel 3. Nilai dimensi awal antenna Miktrostip Array 2x1

d	W0	W1	Z0	Z1	L0	L1	X1	X2
33 mm	2 mm	1 mm	50Ω	100Ω	13 mm	23 mm	19 mm	20 mm

Untuk memperoleh hasil simulasi terbaik dilakukan proses iterasi dengan melakukan perubahan terhadap dimensi jarak pencatu X1 dan X2 pada *patch* antena mikrostrip *array*. Adapun hasil keseluruhan dari proses iterasi dan simulasi terbaik dari antena *array* dapat dilihat pada gambar 8 dan tabel 4 berikut ini

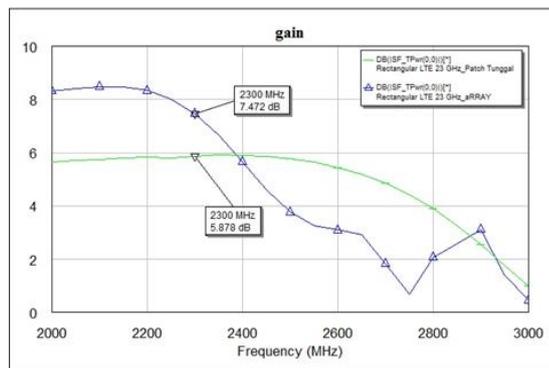
Tabel 4. Data Hasil Ketiga Iterasi Antena *Array* 2x1

Iterasi	X1	X2	Return loss	VSWR
Pertama	4 mm	35 mm	-30,66 dB	1,060
Kedua	7 mm	28 mm	-29,20 dB	1,195
Ketiga	5 mm	34 mm	-35,08 dB	1,035



Gambar 8. Hasil simulasi terbaik antena mikrostrip *array* 2x1

Hasil simulasi terbaik diperoleh pada saat iterasi ketiga dengan nilai X1 = 5 mm dan X2 = 34 mm sedangkan nilai *return loss* yang diperoleh adalah -35,08 dB dan VSWR 1,035 pada frekuensi kerja 2.300 MHz. Hasil perbandingan simulasi *gain* antena mikrostrip *patch* tunggal dengan antena mikrostrip metode *array* dapat dilihat pada gambar 9 dan tabel 5 berikut ini.



Gambar 9. Hasil simulasi terbaik antena mikrostrip *array* 2x1

Tabel 5. Perbandingan simulasi nilai *Gain*

Kondisi <i>Patch</i>	<i>Gain</i>	Frekuensi Kerja
<i>Patch</i> Tunggal	5.87 dB	2300 MHz
<i>Array</i>	7.47 dB	2300 MHz

Nilai *gain* pada saat *patch* tunggal adalah 5,87 dB meningkat menjadi 7,47 dB setelah diberikan metode *array*. Peningkatan *gain* antenna setelah menggunakan metode *array* adalah 27,25 % pada frekuensi kerja 2.300 MHz.

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil perancangan yang telah dilakukan diperoleh desain antenna mikrostrip bentuk persegi panjang yang dikembangkan dengan metode *array* untuk meningkatkan nilai *gain* yang bekerja pada frekuensi kerja 2.300 MHz untuk aplikasi 4G/LTE. Dari proses simulasi dan perancangan dengan bantuan perangkat lunak diperoleh dimensi antenna mikrostrip 134 mm x 91 mm dengan nilai *return loss* sebesar -35,08 dB dan VSWR 1,035 pada frekuensi kerja 2.300 MHz, sedangkan nilai *gain* antenna mikrostrip satu elemen 5,87 dB meningkat menjadi 7,47 dB atau meningkat sekitar 27,25 %. Dari hasil keseluruhan dapat disimpulkan bahwa desain antenna yang dirancang dapat digunakan untuk aplikasi LTE pada frekuensi 2.300 MHz, selain itu metode *array* terbukti efektif untuk meningkatkan nilai *gain* pada antenna mikrostrip.

## REFERENSI

- [1] Ditjen Postel. 2006. Penataan Frekuensi Radio Layanan Akses Pita Lebar Berbasis Nirkabel. Jakarta
- [2] Kementerian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia. 2014. Permenkominfo No.28/PER/M.KOMINFO/09/2014 tentang Penetapan Pita Frekuensi Radio Untuk Keperluan Layanan Pita Lebar Nirkabel (Wireless Broadcast) Pada Pita Frekuensi 2.3 GHz. Jakarta
- [3] Alam, S. (2016). The Design of Triangular Microstrip Antenna for Wimax Application at 2.300 MHz Frequency. *Teknik dan Ilmu Komputer*, 4(15).
- [4] Akbar, A., Alam, S., & Surjati, I. (2017). Perancangan Antena Mikrostrip *Patch* Circular (2, 45 GHz) *Array* dengan Teknik Pencatu Proximity Sebagai Penguat Sinyal Wi-Fi. *Setrum: Sistem Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer*, 6(2), 215-224.
- [5] Alam, S. (2015). Perancang dan Realisasi Antena Mikrostrip Segiempat *Array* Triple Band untuk Aplikasi Wimax. *Teknik dan Ilmu Komputer*, 4(14).
- [6] S. Alam, I. G. N. Y. Wibisana and I. Surjati, "Miniaturization of *array* microstrip antenna using peripheral slits for wireless fidelity communication," 2017 15th International Conference on Quality in Research (QiR) : International Symposium on Electrical and Computer Engineering, Nusa Dua, 2017, pp. 91-95.
- [7] Alam, S., Wibisana, I. G. N. Y., & Surjati, I. (2017). Rancang Bangun Antena Mikrostrip Peripheral Slits Linear *Array* Untuk Aplikasi Wi-Fi. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 13(1), 18-26.
- [8] Surjati, I. (2010). Antena Mikrostrip: Konsep dan Aplikasinya. Universitas Trisakti, Jakarta.
- [9] Garg, R. (2001). *Microstrip antenna design handbook*. Artech house.
- [10] Wong, K. L. (2004). *Compact and broadband microstrip antennas* (Vol. 168). John Wiley & Sons.
- [11] Pozar, D. M., & Schaubert, D. H. (Eds.). (1995). *Microstrip antennas: the analysis and design of microstrip antennas and arrays*. John Wiley & Sons.