

BAB IV

PERANCANGAN DAN SIMULASI ANTENA MIKROSTRIP MONOPOLE PATCH GABUNGAN PERSEGI

4.1 Tinjauan Umum

Pada skripsi ini akan dirancang antena mikrostrip *patch* gabungan persegi untuk mendapatkan karakteristik antena yang telah ditentukan. Jenis antena mikrostrip yang dirancang adalah antena mikrostrip slot berbentuk persegi dan teknik pencatuan menggunakan saluran mikrostrip (*microstrip line feed*). Keuntungan rancangan ini adalah desain yang sederhana dan mudah dalam proses fabrikasinya serta dapat menghasilkan memenuhi spesifikasi yang dibutuhkan.

Ada beberapa tahapan dalam perancangan antena ini, diantaranya adalah penentuan spesifikasi substrat yang akan digunakan, penentuan dimensi antena, saluran transmisi, *ground plane* dan slot serta penentuan dimensi stub. Kemudian dilakukan simulasi dengan simulator Ansoft HFSS™ 11.0 untuk mengetahui performansi antena. Apabila performansi antena belum menunjukkan hasil yang diinginkan, maka dilakukan proses optimasi untuk meningkatkan performansi antena.

4.2 Spesifikasi Substrat dan Bahan Konduktor

Terdapat beberapa macam substrat yang dapat digunakan dalam pembuatan antena mikrostrip, konstanta dielektrik substrat tersebut biasanya pada $range 2.2 \leq \epsilon_r \leq 12$. Substrat yang tebal dan memiliki konstanta dielektrik yang rendah akan menghasilkan efisiensi yang lebih bagus, *bandwidth* yang lebar, dan sebagainya (Balanis, 2005: 812).

Dalam perancangan antena mikrostrip perlu diketahui terlebih dahulu mengenai substrat yang akan digunakan. Bahan substrat yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Bahan *Epoxy* – FR 4

Konstanta dielektrik (ϵ_r)	= 4.6
Ketebalan lapisan dielektrik (h)	= 0.0018 m
<i>Loss tangent</i>	= 0.018
- Bahan pelapis substrat (konduktor) tembaga

Ketebalan bahan konduktor (t)	= 0.00001 m = 0.01 m
Konduktifitas tembaga (σ)	= 5.80×10^7 mho m ⁻¹

4.3 Perencanaan Dimensi Elemen Peradiasi

Untuk menentukan dimensi elemen peradiasi, maka terlebih dahulu harus ditentukan frekuensi acuan (f_r) yang digunakan, yaitu 2500 MHz. Frekuensi acuan pada antenna WiMAX didapatkan pada antenna yang akan diaplikasikan pada gelombang mikro 2500 MHz, sedangkan untuk pengujian, pada penulisan skripsi ini, antenna kan diuji pada frekuensi 1700-2700 MHz. Nilai perambatan di ruang bebas (c) sebesar 3×10^8 m/s. Dengan menggunakan persamaan (2-19):

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r}$$

$$\lambda_0 = \frac{3 \times 10^8}{2.5 \times 10^9} = 0.12 \text{ m}$$

Setelah nilai λ_0 diperoleh, maka panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip dapat dihitung dengan persamaan (2-20):

$$\lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

$$\lambda_d = \frac{0.12}{\sqrt{4.6}} = 0.0559 \text{ m}$$

4.3.1 Perencanaan Dimensi Patch Persegi

Untuk menentukan elemen peradiasi antenna mikrostrip *patch* persegi diperoleh dengan menggunakan persamaan (2-20) dan (2-23):

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

$$W = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 2.5 \times 10^9 \sqrt{\frac{(4.6 + 1)}{2}}} = 3.585 \text{ cm} = 35.85 \text{ mm}$$

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

Terlebih dahulu dilakukan penghitungan untuk mendapatkan nilai L_{eff} dan $2\Delta L$ untuk mencari nilai L , dengan menggunakan persamaan (2-21), (2-22) dan (2-24) :

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + 12h/W}} \right)$$

Disini nilai h substrat adalah 1.8 mm, seperti ukuran Kartu Tanda Mahasiswa pada umumnya :

$$= \frac{4.6 + 1}{2} + \frac{4.6 - 1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \cdot 0.0018 / 0.03585}} \right) = 4.221$$

$$\begin{aligned} \Delta L &= 0.412h \frac{(\epsilon_{\text{reff}} + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{\text{reff}} - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8 \right)} \\ &= 0.412 \times 0.0018 \frac{(4.221 + 0.3) \left(\frac{0.03585}{0.0018} + 0.264 \right)}{(4.221 - 0.258) \left(\frac{0.03585}{0.0018} + 0.8 \right)} = 0.0008241 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{\text{eff}} &= \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} \\ &= \frac{3 \times 10^8}{2 \times 2.5 \times 10^9 \sqrt{4.221}} = 0.02920 \text{ m} = 29.20 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka besar panjang (L) untuk frekuensi 2500 MHz adalah

$$L = 0.02920 - 2 \times 0.0008241 = 0.02755 \text{ m} = 27.55 \text{ mm}$$

4.3.2 Perencanaan Dimensi *Ground Plane*

Untuk menghitung panjang dan lebar minimal *ground plane*, masing-masing didapatkan dengan menggunakan persamaan (2-26) dan (2-27):

$$\begin{aligned} L_g &= 6h + L = (6 \times 1.8 \times 10^{-3}) + (29.37 \times 10^{-3}) \\ &= 40.17 \times 10^{-3} \text{ m} = 40.17 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_g &= 6h + W = (6 \times 1.8 \times 10^{-3}) + (35.85 \times 10^{-3}) \\ &= 46.65 \times 10^{-3} \text{ m} = 46.65 \text{ mm} \end{aligned}$$

Pada penulisan skripsi ini, karenapembuatan antenna berdasarkan optimasi, maka perbesaran dimensi *ground plane* maksimal dibuat sebesar kartu mahasiswa yaitu 55 mm × 85 mm seperti tinggi yang di tetapkan diatas..

4.4 Perencanaan Dimensi Saluran Transmisi

Untuk menghitung dimensi saluran transmisi menggunakan persamaan (2-23) dan (2-24) :

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

$$= \frac{60 \times 3.14^2}{50\sqrt{4.6}} = 5.516$$

$$\begin{aligned} W &= \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \right\} \\ &= \frac{2 \times 1.6}{3.14} \left\{ 5.517 - 1 - \ln(2 \times 5.516 - 1) + \frac{4.6 - 1}{2 \times 4.5} \left[\ln(5.516 - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{4.6} \right] \right\} \\ &= 1.109 \{ 4.517 - \ln(10.032) + 0.391 [\ln(4.516) + 0.257] \} \\ &= 1.109 \{ 4.517 - 2.306 + 0.391 [1.508 + 0.257] \} \\ &= 1.109 (2.211 + 0.391 [1.765]) \\ &= 1.109 (2.211 + 0.69) \\ &= 3.217 \text{ mm} \end{aligned}$$

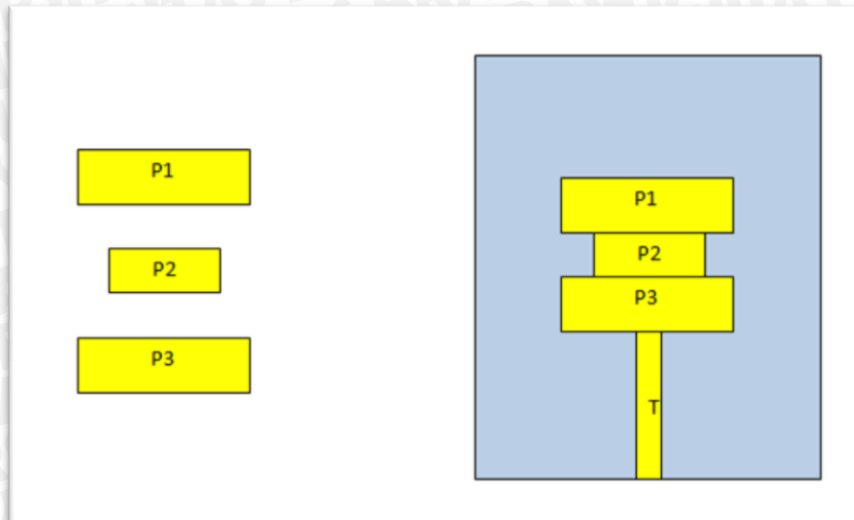
Sedangkan untuk panjang dari saluran transmisi mikrostrip dihitung dengan menggunakan persamaan (2-25):

$$L = \frac{1}{4} \lambda_d$$

$$L = \frac{1}{4} 0.0559 = 0.0139 \text{ m} = 13.9 \text{ mm}$$

4.5 Perencanaan Awal Patch Antena

Patch antena yang akan dirancang berdasarkan pengamatan pada jurnal-jurnal internasional yang telah terbukti dapat bekerja pada frekuensi *WiMAX* seperti yang akan ditunjukkan dalam gambar 4.1 dimana perancangan dimensi *patch* antena akan menggunakan penggabungan persegi sampai batas maksimal *patch* persegi pada perhitungan diatas (35.85x27.55 mm).

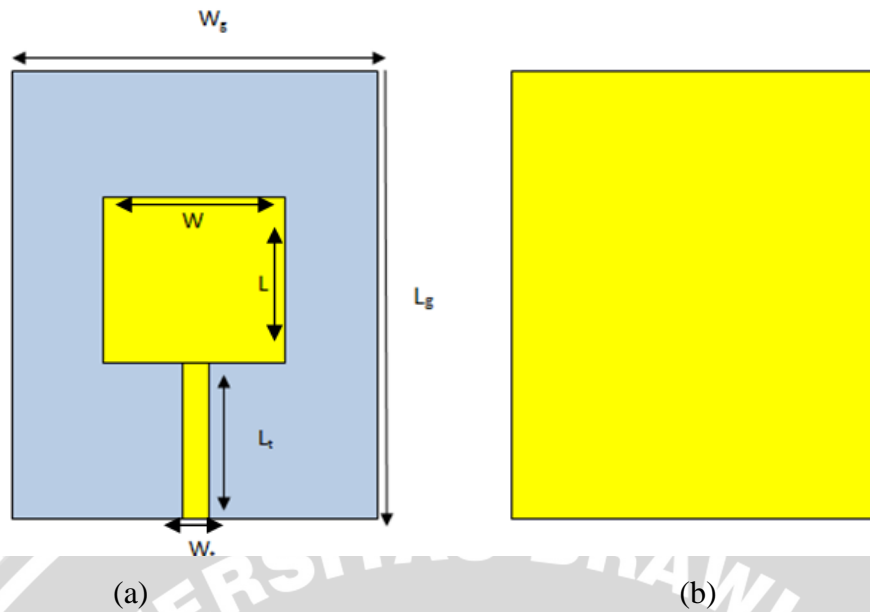


Gambar 4.1 Rancangan *Patch* Gabungan Persegi

Dari gambar diatas terlihat metode awal yang digunakan adalah membuat 3 macam bentuk persegi (P1, P2, dan P3) yang akan digabungkan menjadi satu patch pada akhirnya untuk mencari frekuensi yang diinginkan yaitu frekuensi 2500 MHz. Dengan memperhatikan hasil perhitungan diatas akan dilakukan berbagai optmasi untuk menemukan hasil terbaik.

4.6 Simulasi dan Optimasi Antena Mikrostrip *Patch* Gabungan Persegi

Perancangan antena mikrostrip dilakukan secara sistematis berdasarkan pada materi dan referensi yang telah diperoleh dari hasil studi literatur. Setelah didapatkan dimensi *patch*, *ground plane*, slot dan saluran transmisi, kemudian dilakukan proses simulasi untuk mengetahui performansi antena. Simulasi dilakukan dengan menggunakan simulator *HFSS Ansoft*TM versi 11.0. Berikut ini adalah dimensi antena berdasarkan dari perhitungan dan hasil studi literatur. Warna kuning menggambarkan tembaga atau elemen peradiasi dan warna abu-abu menggambarkan substrat dari antena mikrostrip



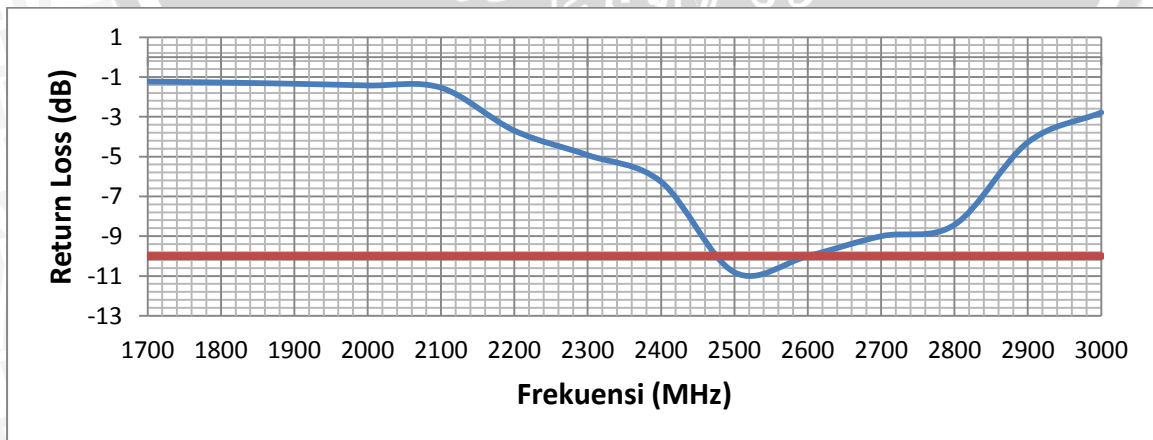
Gambar 4.2 Bentuk Geometri Antena Mikrostrip Patch Gabungan Persegi (Sebelum Optimasi).
 (a) tampak depan; (b) tampak belakang

Sumber: Perancangan

Keterangan:

L_t	= Panjang saluran transmisi	=	13.9 mm
W_t	= Lebar saluran transmisi	=	3.217 mm
L_g	= Panjang <i>ground plane/substrate</i>	=	80 mm
W_g	= Lebar <i>ground plane/substrate</i>	=	60 mm
W	= Lebar patch persegi	=	35.85 mm
L	= Panjang patch persegi	=	29.37 mm

Setelah disimulasi dengan menggunakan simulator *HFSS Ansoft*TM versi 11.0, didapatkan hasil simulasi seperti pada Gambar 4.3



Gambar 4.3 Grafik *Return Loss* Terhadap Frekuensi (Sebelum Optimasi)

Sumber: Simulasi

Hasil simulasi pada Gambar 4.3 menunjukkan frekuensi dengan kisaran $Return Loss \leq -10 \text{ dB}$ tampak pada frekuensi 2500 – 2600 MHz. Hasil simulasi menunjukkan antenna sudah memenuhi syarat perencanaan antenna, yaitu bekerja pada frekuensi 2500 MHz. Namun karena bentuk ini sudah umum digunakan maka di rancang antenna bentuk lain. Untuk perancangan antenna ini, parameter utama yang perlu diperhatikan adalah kinerja antenna pada frekuensi 2500 MHz. Selain itu, antenna ini berdimensi kecil, sehingga murah dan mudah untuk dibuat para pembaca.

4.6.1 Optimasi Dimensi *Patch* persegi

Berdasarkan perhitungan, didapatkan antenna dengan *patch* persegi berukuran 35.85x29.37 mm belum mencakup frekuensi yang direncanakan. Oleh karena itu, optimasi akan dilakukan dengan cara mengubah dimensi *patch* persegi dengan perhitungan dimensi yang lain yang tidak melebihi perhitungan sebelumnya. Optimasi akan dilakukan dengan merubah nilai P1, P2, dan P3 sesuai dengan Gambar 4.1.

Tabel 4.1 Optimasi Dimensi *Patch* Persegi

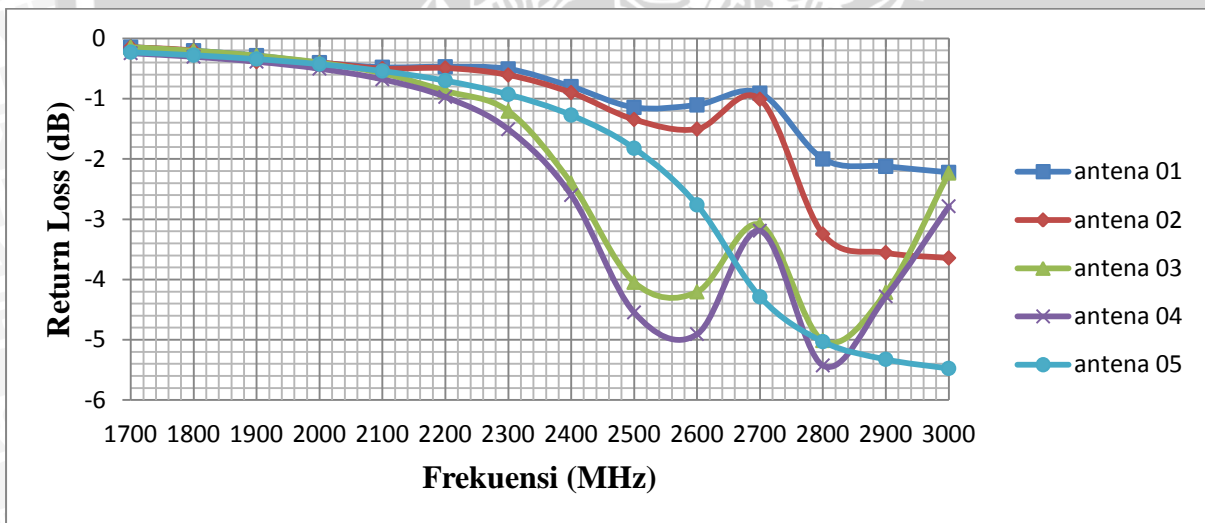
Antena	P1 (mm)	P2 (mm)	P3 (mm)
01	8x5	6x4	8x5
02	10x5	7.5x4	10x5
03	15x8	10x7	15x8
04	20x10	15x5	20x10
05	30x10	30x5	30x10

Sumber: Simulasi

Berdasarkan hasil optimasi *patch* persegi dalam Tabel 4.1 (pengambilan data berdasarkan perubahan *return loss* secara signifikan), maka saya akan bandingkan kelima hasil diatas berdasarkan *return loss* dan *gain* pada Gambar 4.4 dan Gambarr 4.5

Tabel 4.2 Hasil Simulasi Tabel 4.1

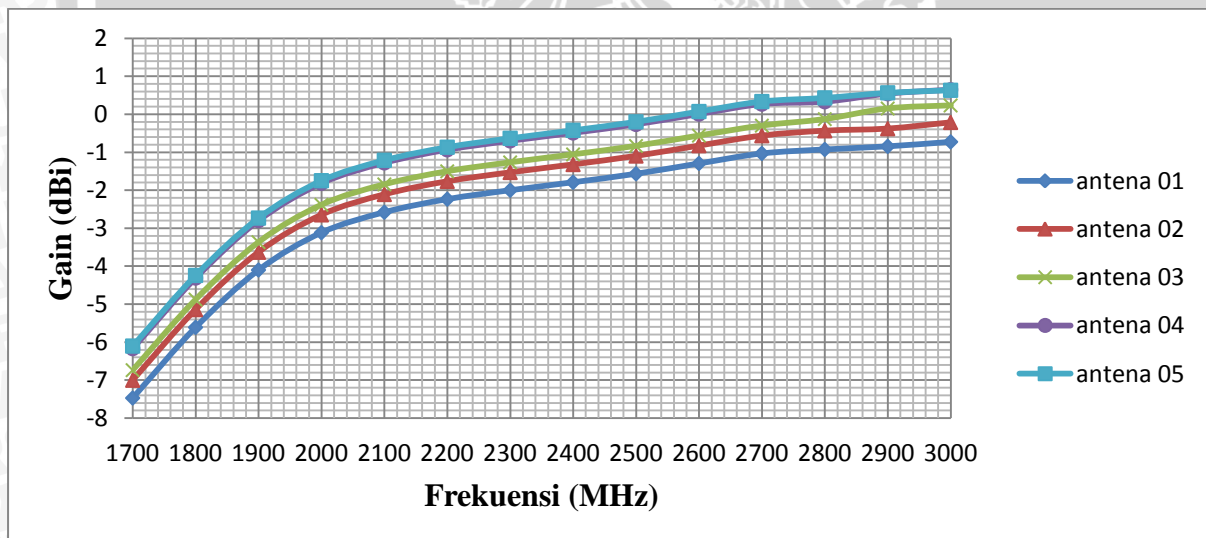
Frekuensi (MHz)	Return loss Antena (dB)				
	1	2	3	4	5
1700	-0.14664	-0.14664	-0.14664	-0.24664	-0.22892
1800	-0.20573	-0.20573	-0.20573	-0.30573	-0.27817
1900	-0.28691	-0.38691	-0.28691	-0.38691	-0.34212
2000	-0.40328	-0.40328	-0.40328	-0.50328	-0.4267
2100	-0.48024	-0.50241	-0.58024	-0.68024	-0.54108
2200	-0.47215	-0.49215	-0.87215	-0.97215	-0.69996
2300	-0.50822	-0.60822	-1.20822	-1.50822	-0.92835
2400	-0.8004	-0.9004	-2.4004	-2.6004	-1.27215
2500	-1.14618	-1.34618	-4.04618	-4.54618	-1.82263
2600	-1.10509	-1.50509	-4.20509	-4.90509	-2.76174
2700	-0.91094	-1.01094	-3.09109	-3.19109	-4.28681
2800	-2.00132	-3.2454	-5.0123	-5.42566	-5.03023
2900	-2.12412	-3.55523	-4.21312	-4.28004	-5.32314
3000	-2.22431	-3.6433	-2.23434	-2.78578	-5.47455



Gambar 4.4 Grafik Return Loss Terhadap Frekuensi
Sumber: Simulasi

Tabel 4.3 Hasil Simulasi Tabel 4.1

Frekuensi (MHz)	Gain Antena (dBi)				
	1	2	3	4	5
1700	-7.46657	-6.99867	-6.73378	-6.16657	-6.09877
1800	-5.60745	-5.13955	-4.87466	-4.30745	-4.23965
1900	-4.09693	-3.62903	-3.36414	-2.79693	-2.72913
2000	-3.11319	-2.64529	-2.3804	-1.81319	-1.74539
2100	-2.57625	-2.10835	-1.84346	-1.27625	-1.20845
2200	-2.23187	-1.76397	-1.49908	-0.93187	-0.86407
2300	-1.99705	-1.52915	-1.26426	-0.69705	-0.62925
2400	-1.78741	-1.31951	-1.05462	-0.48741	-0.41961
2500	-1.56373	-1.09583	-0.83094	-0.26373	-0.19593
2600	-1.29203	-0.82413	-0.55924	0.007973	0.075773
2700	-1.02924	-0.56134	-0.29645	0.270764	0.338564
2800	-0.9234	-0.432	-0.1254	0.33342	0.43423
2900	-0.8423	-0.37656	0.15444	0.54373	0.56783
3000	-0.7234	-0.21234	0.2344	0.64834	0.63453



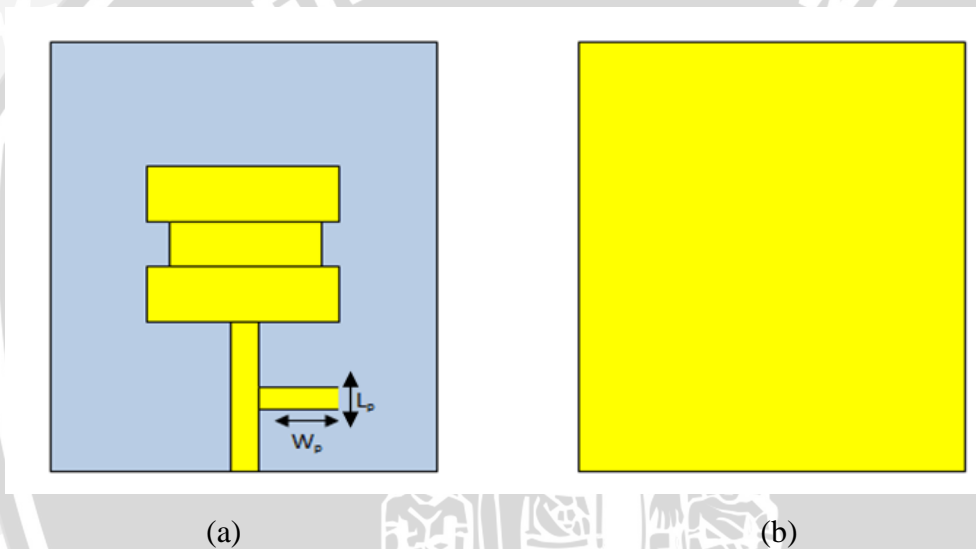
Gambar 4.5 Grafik Gain Terhadap Frekuensi
Sumber: Simulasi

Dapat terlihat dari 2 Gambar grafik sebelumnya bahwa antenna ke-4 merupakan antenna yang memiliki hasil yang paling bagus dari optimasi maksimal pada bagian *patch* gabungan persegi dengan *return loss* minimal sebesar -4.54618 dB dan *Gain* -0.26373 dBi pada frekuensi 2500 MHz. Maka untuk desain *patch* saya mengambil desain antenna ke-4.

Berdasarkan analisis diatas juga dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin besar *slot* pada *patch* yang kita gunakan bisa membuat frekuensi kerja antenna menjadi jelek dan jika terlalu kecil *slot* yang kita gunakan juga tidak begitu berpengaruh.

4.6.2 Optimasi Dimensi Memberi *Stub* Pada Saluran Transmisi

Optimasi dimensi *patch* gabungan persegi menunjukkan bahwa dimensi antenna terbaik ditunjukkan oleh antenna 04 dengan dimensi saluran transmisi awal 20 mm. Sehingga untuk selanjutnya, akan dilakukan optimasi memberi *stub* pada saluran transmisi seperti yang terdapat pada Gambar 4.6. Probe diletakan 10 mm dari ujung bawah saluran transmisi karena berdasarkan literatur yang dibaca itu adalah posisi yang palik baik dalam mengoptimasi antenna.



Gambar 4.6 Bentuk Geometri Antena Mikrostrip *Patch* Gabungan Persegi dengan *Stub*.
(a) tampak depan; (b) tampak belakang

Sumber: Perancangan

Tabel 4.4 Optimasi Dimensi Saluran Transmisi

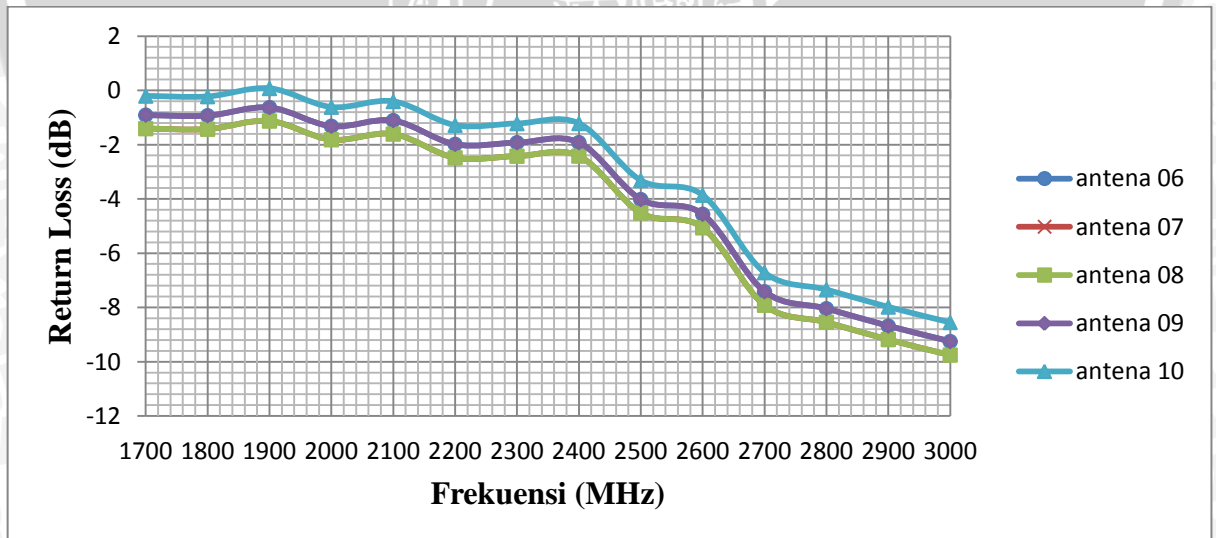
Antena	L_p (mm)	W_p (mm)
06	2	9
07	3	9
08	4	9
09	2	12
10	3	12

Sumber: Simulasi

Dalam Tabel 4.4 menunjukkan ukuran yang sesuai dalam mendekati frekuensi kerja yang dicari. Nilai *return loss* dan *gain* berada pada Tabel dan Gambar di bawah ini:

Tabel 4.5 Hasil Simulasi Tabel 4.4

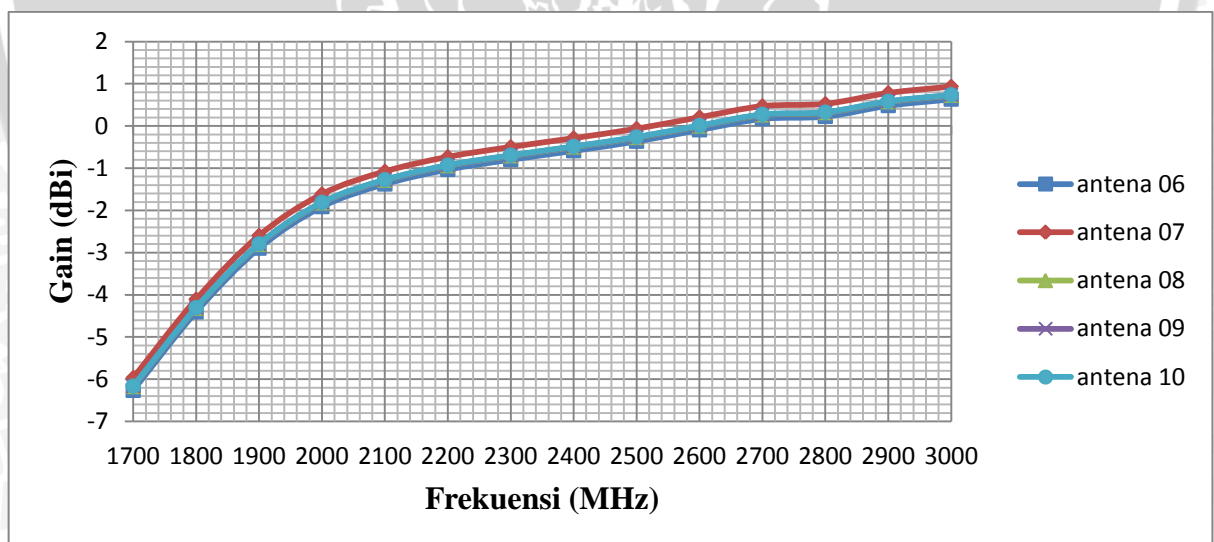
Frekuensi (MHz)	Return loss Antena (dB)				
	6	7	8	9	10
1700	-0.90834	-1.40834	-1.40834	-0.90954	-0.20834
1800	-0.92836	-1.42836	-1.42836	-0.92956	-0.22836
1900	-0.62794	-1.12794	-1.12794	-0.62914	0.072058
2000	-1.31764	-1.81764	-1.81764	-1.31884	-0.61764
2100	-1.10795	-1.60795	-1.60795	-1.10915	-0.40795
2200	-1.9845	-2.4845	-2.4845	-1.9857	-1.2845
2300	-1.92331	-2.42331	-2.42331	-1.92451	-1.22331
2400	-1.91976	-2.41976	-2.41976	-1.92096	-1.21976
2500	-4.01833	-4.51833	-4.51833	-4.01953	-3.31833
2600	-4.56229	-5.06229	-5.06229	-4.56349	-3.86229
2700	-7.41601	-7.91601	-7.91601	-7.41721	-6.71601
2800	-8.0423	-8.5423	-8.5423	-8.0435	-7.3423
2900	-8.68232	-9.18232	-9.18232	-8.68352	-7.98232
3000	-9.25233	-9.75233	-9.75233	-9.25353	-8.55233



Gambar 4.7 Grafik *return loss* Terhadap Frekuensi
Sumber: Simulasi

Tabel 4.6 Hasil Simulasi Tabel 4.4

Frekuensi (MHz)	Gain Antena (dBi)				
	6	7	8	9	10
1700	-6.26657	-5.96657	-6.17657	-6.16857	-6.16534
1800	-4.40745	-4.10745	-4.31745	-4.30945	-4.30622
1900	-2.89693	-2.59693	-2.80693	-2.79893	-2.7957
2000	-1.91319	-1.61319	-1.82319	-1.81519	-1.81196
2100	-1.37625	-1.07625	-1.28625	-1.27825	-1.27502
2200	-1.03187	-0.73187	-0.94187	-0.93387	-0.93064
2300	-0.79705	-0.49705	-0.70705	-0.69905	-0.69582
2400	-0.58741	-0.28741	-0.49741	-0.48941	-0.48618
2500	-0.36373	-0.06373	-0.27373	-0.26573	-0.2625
2600	-0.09203	0.207973	-0.00203	0.005973	0.009203
2700	0.170764	0.470764	0.260764	0.268764	0.271994
2800	0.225323	0.525323	0.315323	0.323323	0.326553
2900	0.48234	0.78234	0.57234	0.58034	0.58357
3000	0.634523	0.934523	0.724523	0.732523	0.735753



Gambar 4.8 Grafik Gain Terhadap Frekuensi
Sumber: Simulasi

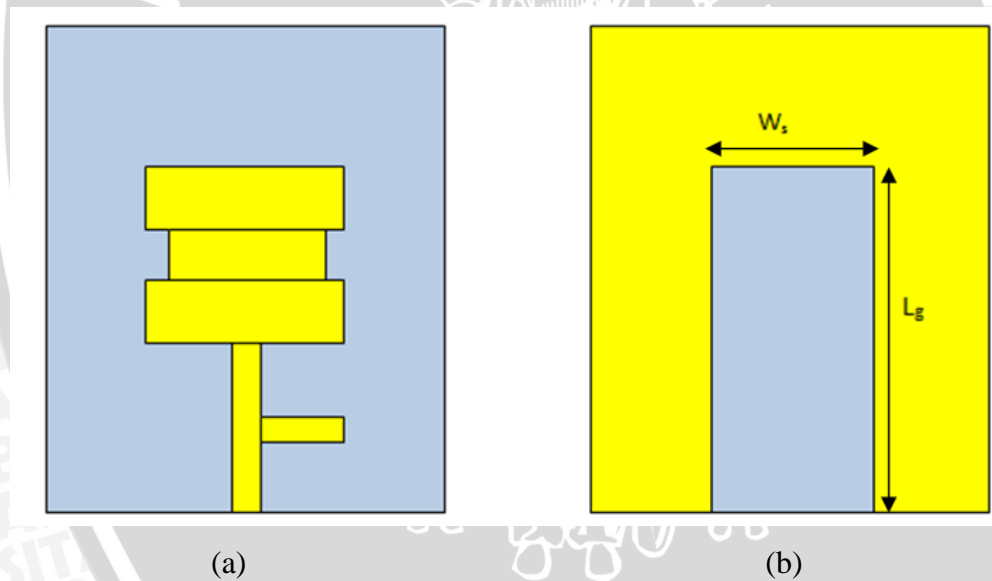
Berdasarkan hasil optimasi *patch* gabungan persegi dan pemberian *stub* pada saluran transmisi didapatkan bahwa antenna ke-8 memiliki hasil simulasi yang paling bagus dari 5 optimasi di atas. Itu terlihat dari hasil *return loss* dan *gain* yang bernilai -4.5183 dB dan -

0.27373 dBi pada frekuensi kerja 2500 MHz. Pada Gambar 4.7 hanya terlihat 3 garis grafik dikarenakan pada saat simulasi nilai dari *return loss* antenna ke-7 dan ke-8 sama.

Pengaruh *stub* maksimal yang mempengaruhi nilai dari *return loss* hanya dengan lebar maksimal *stub* persegi selebar 9 mm dan panjang maksimal 3 mm. Diatas ukuran itu hanya sedikit memberi pengaruh pada antenna. Jadi dapat ditarik kesimpulan bahwa ukuran *stub* memiliki batasan maksimum dalam penentuan ukuran dimana bila *stub* itu melebihi batasan ukuran maksimum mempunyai nilai frekuensi kerja dengan *stub* ukuran maksimum.

4.6.3 Optimasi Dimensi *Ground Plane* dengan Memberi *Slot*

Optimasi pada *ground plane* dengan memberi *slot* adalah langkah berikutnya dalam mencari frekuensi kerja antenna yang diinginkan. Disini saya memberikan macam *slot* persegi untuk menyari hasil optimum antenna pada ukuran ini. Saya mengambil teknik setelah membaca literatur tentang hal ini. Teknik ini membuat slot pada *ground plane* hingga menyentuh dasar. Dapat dilihat pada gambar 4.9 :



Gambar 4.9 Bentuk Geometri Antena Mikrostrip *Patch* Gabungan Persegi dengan *Stub* dan *Slot*.
(a) tampak depan; (b) tampak belakang

Sumber: Perancangan

Tabel 4.7 Optimasi Dimensi Slot pada *Ground Plane*

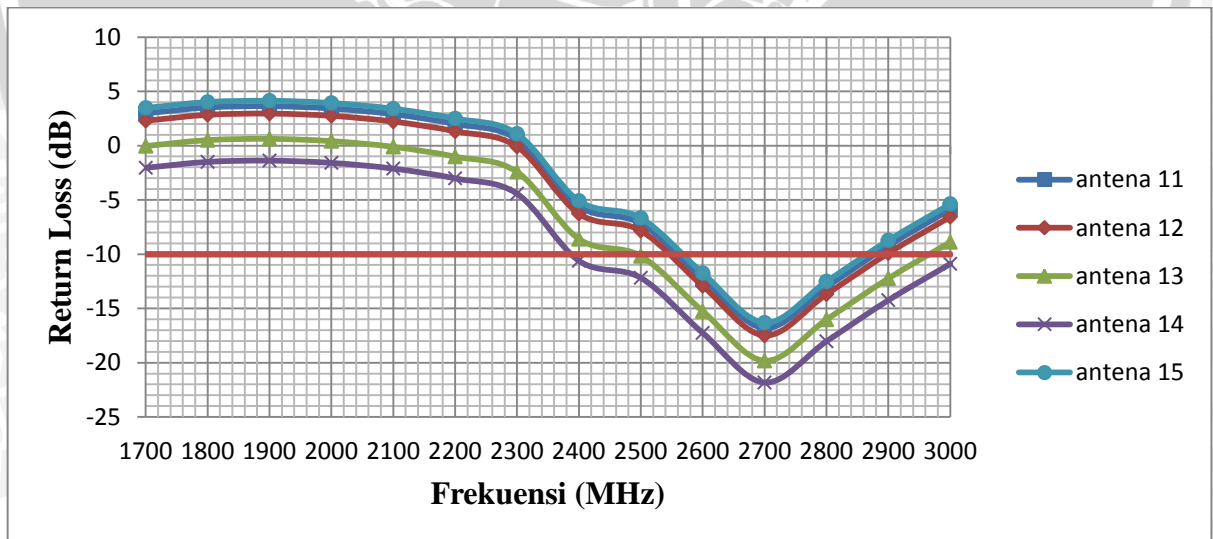
Antena	W_g (mm)	L_g (mm)
11	50	70
12	40	60
13	30	50
14	20	50
15	20	40

Sumber: Simulasi

Optimasi slot disertai dengan penyesuaian dimensi *ground plane* terdapat dalam Tabel 4.8. Data hasil simulasi dapat dilihat dibawah ini berupa *return loss* dan *gain* :

Tabel 4.8 Hasil Simulasi Tabel 4.7

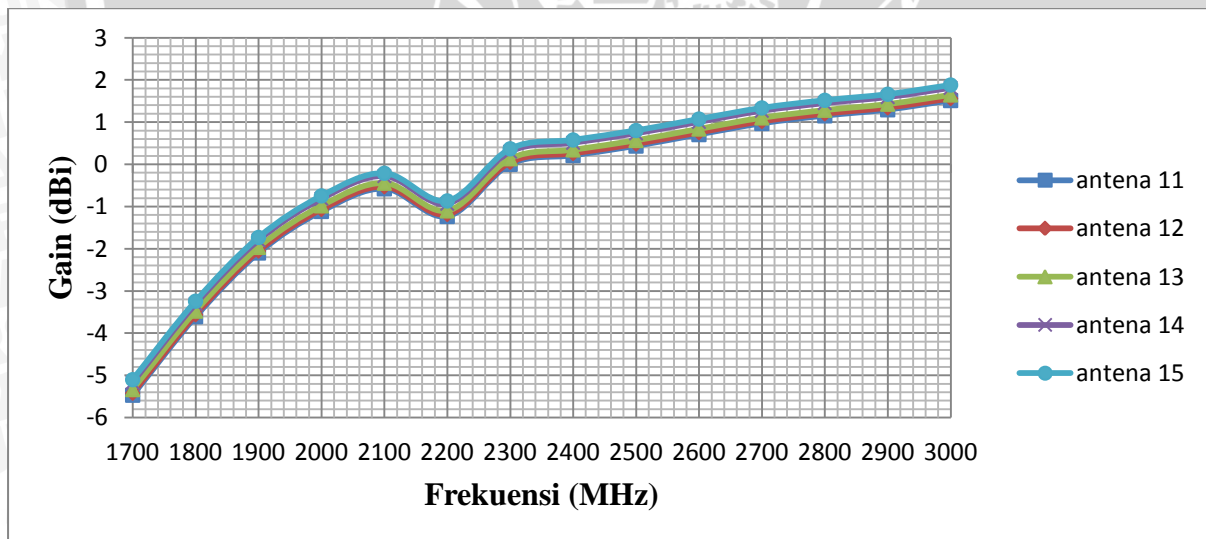
Frekuensi (MHz)	Return loss Antena (dB)				
	11	12	13	14	15
1700	2.964899	2.285899	-0.0351	-2.0351	3.485899
1800	3.506968	2.827968	0.506968	-1.49303	4.027968
1900	3.62206	2.94306	0.62206	-1.37794	4.14306
2000	3.416342	2.737342	0.416342	-1.58366	3.937342
2100	2.890323	2.211323	-0.10968	-2.10968	3.411323
2200	1.987235	1.308235	-1.01276	-3.01276	2.508235
2300	0.578554	-0.10045	-2.42145	-4.42145	1.099554
2400	-5.60239	-6.28139	-8.60239	-10.6024	-5.08139
2500	-7.17522	-7.85422	-10.1752	-12.1752	-6.65422
2600	-12.2538	-12.9328	-15.2538	-17.2538	-11.7328
2700	-16.8218	-17.5008	-19.8218	-21.8218	-16.3008
2800	-13.0243	-13.7033	-16.0243	-18.0243	-12.5033
2900	-9.2342	-9.9132	-12.2342	-14.2342	-8.7132
3000	-5.8865	-6.5655	-8.8865	-10.8865	-5.3655



Gambar 4.10 Grafik *return loss* Terhadap Frekuensi
Sumber: Simulasi

Tabel 4.9 Hasil Simulasi Tabel 4.7

Frekuensi (MHz)	Gain Antena (dBi)				
	11	12	13	14	15
1700	-5.46657	-5.41867	-5.33378	-5.16657	-5.09877
1800	-3.60745	-3.55955	-3.47466	-3.30745	-3.23965
1900	-2.09693	-2.04903	-1.96414	-1.79693	-1.72913
2000	-1.11319	-1.06529	-0.9804	-0.81319	-0.74539
2100	-0.57625	-0.52835	-0.44346	-0.27625	-0.20845
2200	-1.23187	-1.18397	-1.09908	-0.93187	-0.86407
2300	0.00295	0.05085	0.13574	0.30295	0.37075
2400	0.212587	0.260487	0.345377	0.512587	0.580387
2500	0.436268	0.484168	0.569058	0.736268	0.804068
2600	0.707973	0.755873	0.840763	1.007973	1.075773
2700	0.970764	1.018664	1.103554	1.270764	1.338564
2800	1,15234	1,20024	1,28513	1,45234	1,52014
2900	1,29543	1,34333	1,42822	1,59543	1,66323
3000	1,5142	1,5621	1,64699	1,8142	1,882



Gambar 4.11 Grafik Gain Terhadap Frekuensi
Sumber: Simulasi

Dalam Tabel 4.8 dan Tabel 4.9 serta Gambar 4.10 dan Gambar 4.11 dapat dilihat bahwa antenna yang diinginkan telah tercapai. Bisa dilihat bahwa pada antenna ke-14 nilai *return loss* dan *gain* pada frekuensi 2500 MHz sangatlah bagus yaitu -12.1752 dB dan 0.73628 dBi. Maka dengan hasil optimasi ini antenna yang diinginkan telah didapat.

Berikutnya antenna yang sudah didapat akan di simulasikan total untuk melihat hasil ukur lainnya.

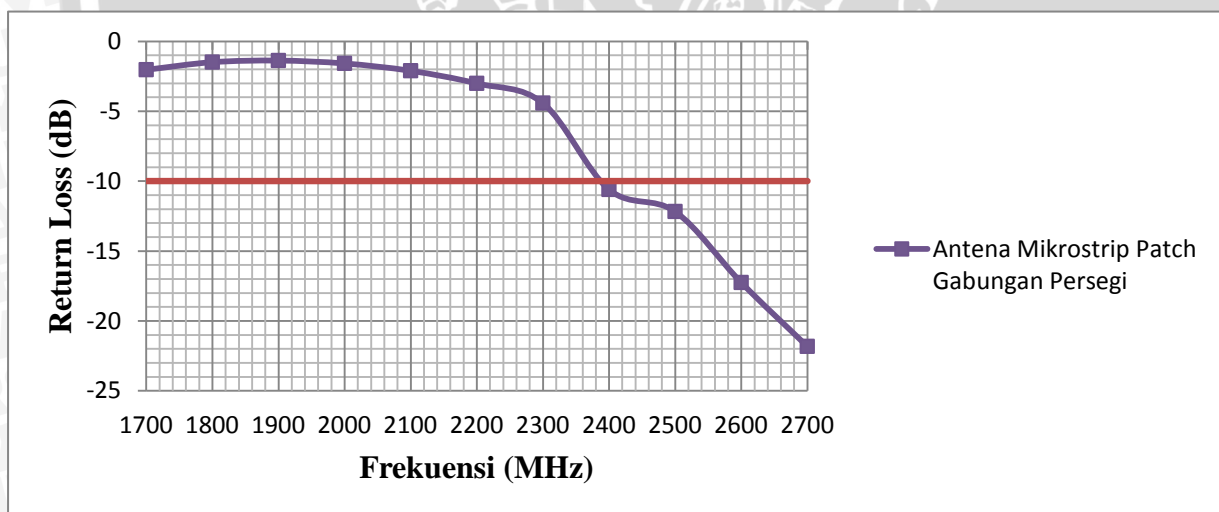
Berdasarkan analisis diatas juga dapat ditarik kesimpulan bahwa terlalu besar *slot* pada *ground plane* yang kita gunakan bisa membuat frekuensi kerja antenna menjadi jelek dan jika terlalu kecil *slot* yang kita gunakan juga dapat membuat frekuensi kerja antenna menjadi jelek. Jadi pembuatan *slot* pada *ground plane* harus mempunyai ukuran yang sama dengan ukuran total *patch* antenna itu sendiri.

4.7 Hasil Simulasi Antena Fix Mikrostrip Patch Gabungan Persegi menggunakan Program Ansoft HFSS v.11

Dalam subab ini akan ditampilkan seluruh hasil simulasi antenna mikrostrip yang sudah fix mulai dari *return loss*, *gain*, polarisasi, dan polaradiasi dengan menggunakan program Ansoft HFSSv.11 pada range 1700-2700 MHz. Dimana frekuensi kerja yang dicari berfokus pada frekuensi 2500 MHz. Hasil-hasil tersebut sebagai berikut :

a. Return Loss

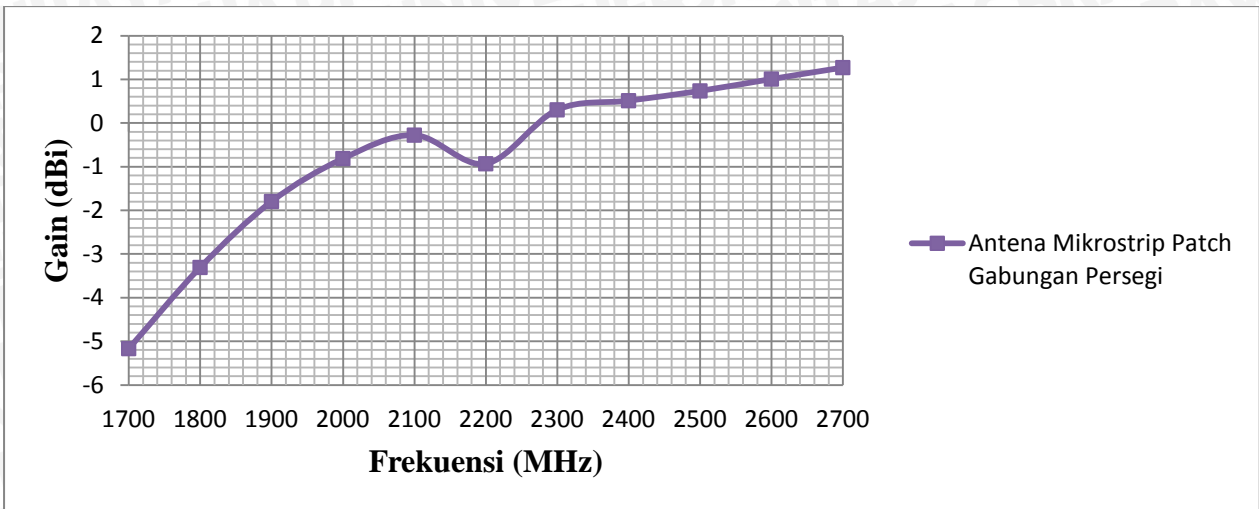
Untuk *return loss* nya dapat dilihat pada grafik dibawah ini :



Gambar 4.12 Grafik *Return Loss* Terhadap Frekuensi
Sumber: Simulasi

Berdasarkan Gambar 4.12 terlihat bahwa hasil simulasi antenna mikrostrip *patch* gabungan persegi memiliki *return loss* di dibawah -10dB pada rentang frekuensi 2400-2700 MHz. Hal ini menandakan bahwa antenna ini bisa bekerja pada frekuensi *WiMAX* yang terletak pada frekuensi 2500 MHz. Bahkan bisa untuk aplikasi lain untuk di frekuensi 2400 MHz pada umumnya.

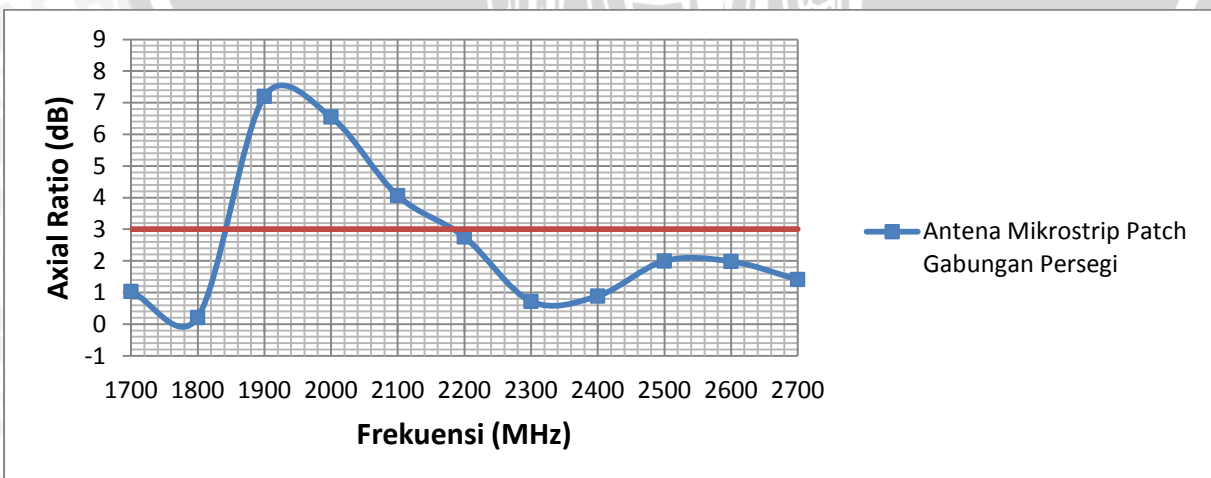
b. Gain



Gambar 4.13 Grafik *Gain* Terhadap Frekuensi
Sumber: Simulasi

Berdasarkan Gambar 4.13 terlihat bahwa hasil simulasi antenna mikrostrip *patch* gabungan persegi memiliki *gain* yang berbeda pada rentang frekuensi 1700-2700 MHz. Terlihat dari rentang frekuensi 1700-2200 MHz *gain* bernilai negatif sedangkan rentang frekuensi 2300-2700 MHz *gain* mulai naik bernilai positif. Yang perlu diperhatikan adalah pada frekuensi 2500 MHz *gain* bernilai positif, ini menandakan bahwa pada frekuensi ini antenna dapat bekerja dengan baik.

c. Polarisasi

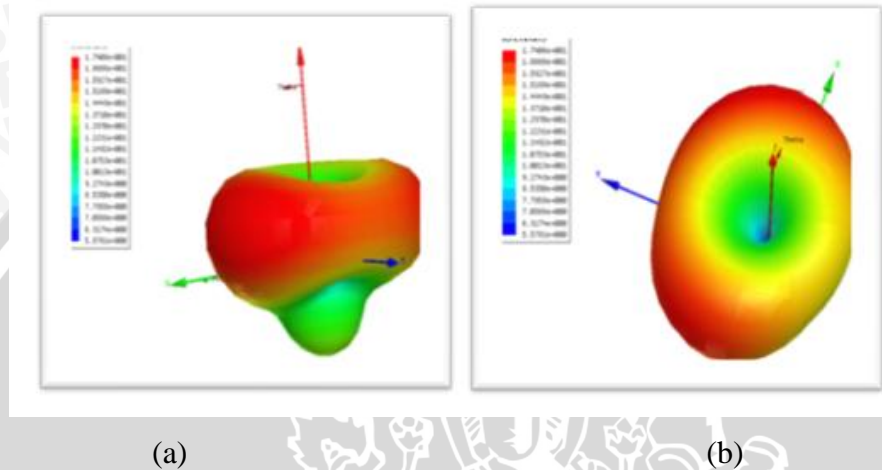


Gambar 4.14 Grafik Polarisasi Terhadap Frekuensi
Sumber: Simulasi

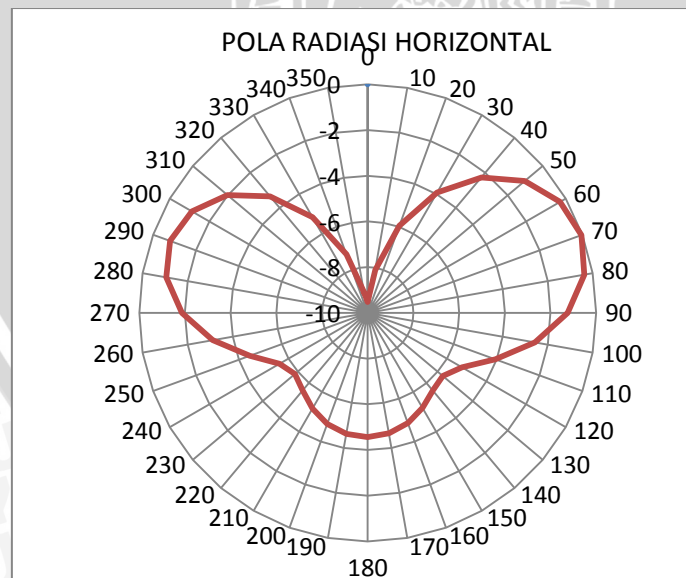
Nilai *axial ratio* pada rentang frekuensi 2300-2700 MHz dalam Gambar 4.14 berada dibawah nilai 3 dB dmna bila nilai suatu *axial ratio* dibawah 3 db menandakan antenna tersebut bersifat *circular polarization*. Oleh karena itu antenna cukup baik untuk diaplikasikan dalam teknologi.

d. Pola radiasi

Berikut ini adalah pola radiasi antenna mikrostrip *patch* gabungan persegi.



Gambar 4.15 Pola Radiasi Antena Mikrostrip *Patch* Gabungan Persegi dalam 3D
(a) tampak samping, (b) tampak atas
Sumber : Analisis Data Simulasi



Gambar 4.16 Pola Radiasi Antena Mikrostrip *Patch* Gabungan Persegi dalam *Smith Chart*

Berdasarkan dalam Gambar 4.15 dan Gambar 4.16. pola radiasi antenna mikrostrip *patch* gabungan persegi menunjukkan bahwa antenna memiliki pola radiasi *omnidirectional*

pada frekuensi 2500 MHz. Pada gambar 3D terlihat bahwa polarisasi yang dipancarkan oleh antena cukup bagus sehingga antena ini layak untuk diaplikasikan.

