

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Dalam bab ini hasil penelitian yang dilakukan terbagi menjadi dua tahapan, tahapan pertama adalah hasil perancangan yang dimana pada tahap ini menerangkan tentang hasil perancangan elemen radiasi, perancangan *patch*, serta hasil perancangan impedansi masukan dan lain-lain. Tahapan kedua adalah hasil simulasi yang meliputi hasil *return loss*, VSWR, Impedansi, *bandwidth* serta pola radiasi. Sedangkan tahap yang terakhir adalah analisa data dari hasil simulasi, pada hasil pengukuran ini meliputi hasil pengukuran *port* tunggal (nilai *return loss*, VSWR dan impedansi masukan) dan *port* ganda (pola radiasi) serta hasil pengukuran *gain* dengan spesifikasi atau standar antenna BWA yang bersumber dari Dirjend Postel Indonesia.

4.1.1. Hasil Perancangan

4.1.1.1. Hasil Perancangan Elemen Peradiasi

Untuk menentukan elemen peradiasi terlebih dahulu menentukan frekuensi radiasi tersebut dengan persamaan sebagai berikut :

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_0}$$

Dengan demikian dapat dilakukan perhitungan panjang gelombang di ruang bebas sebagai berikut :

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_0} = \frac{3 \cdot 10^8}{2,3 \cdot 10^9} = \frac{3}{23} = 0,13 \text{ m}$$

4.1.1.2. Hasil Perancangan Dimensi Elemen Peradiasi

Untuk menentukan lebar elemen peradiasi antenna mikrostrip dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

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

Perhitungan lebar elemen radiasi antenna mikrostrip adalah sebagai berikut :

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

$$W = \frac{3 \cdot 10^8}{2,2 \cdot 3 \cdot 10^9 \sqrt{\left(\frac{4,3 + 1}{2}\right)}}$$

$$W = \frac{3 \cdot 10^8}{4,6 \cdot 10^9 \sqrt{\left(\frac{5,3}{2}\right)}}$$

$$W = \frac{3 \cdot 10^8}{4,6 \cdot 10^9 \sqrt{2,65}}$$

$$W = \frac{3 \cdot 10^8}{4,6 \cdot 10^9 \cdot 1,627}$$

$$W = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\left(\frac{\epsilon_r + 1}{2}\right)}} = \frac{3}{74,88} = 0,04 \text{ cm} = 40 \text{ mm}$$

Sedangkan untuk menentukan panjang elemen peradiasi antenna mikrostrip dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{eff}}}$$

Dimana untuk mencari nilai dielektrik efektif panjang elemen peradiasi menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \frac{1}{\sqrt{1 + 12h/W}}$$

Dengan demikian dapat dilakukan perhitungan panjang elemen peradiasi dengan menghitung nilai dielektrik efektif :

$$\varepsilon_{eff} = \frac{\varepsilon_r + 1}{2} + \frac{\varepsilon_r - 1}{2} \frac{1}{\sqrt{1 + 12h/W}}$$

$$\varepsilon_{eff} = \frac{4,3 + 1}{2} + \frac{4,3 - 1}{2} \frac{1}{\sqrt{1 + 12 \cdot 1,6/40}}$$

$$\varepsilon_{eff} = \frac{5,3}{2} + \frac{3,3}{2} \frac{1}{\sqrt{1 + 0,48}}$$

$$\varepsilon_{eff} = \frac{5,3}{2} + \frac{3,3}{2} \frac{1}{\sqrt{1,48}}$$

$$\varepsilon_{eff} = 2,65 + 1,65 (0,976)$$

$$\varepsilon_{eff} = 4,3 (0,976)$$

$$\varepsilon_{eff} = 2,65 + 1,65 (0,976)$$

$$\varepsilon_{eff} = 4,2$$

Sehingga dapat diperoleh panjang elemen peradiasi antenna adalah sebagai berikut,

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\varepsilon_{eff}}}$$

$$L_{eff} = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 2,3 \cdot 10^9 \sqrt{4,2}}$$

$$L_{eff} = \frac{3}{46 \sqrt{4,2}}$$

$$L_{eff} = \frac{3}{46 \sqrt{4,2}}$$

$$L_{eff} = \frac{3}{46,2,049}$$

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_0\sqrt{\epsilon_{eff}}} = \frac{3}{94,22} = 0,031 \text{ m} = 31 \text{ mm}$$

4.1.1.3. Hasil Perancangan *Matching Impedance*

Perancangan suatu antena tidak lepas dari penyesuaian impedansi (*impedance matching*). Maka yang dilakukan untuk penyesuaian impedansi ini yaitu menggunakan transformator $\lambda/4$, dan untuk mendapatkan nilai impedansi Z_T dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$Z_T = \sqrt{Z_1 Z_3}$$

Dengan : nilai $Z_1 = 50 \Omega$ dan $Z_3 = 100 \Omega$

Maka dapat dihitung nilai dari impedansi (Z_T) adalah sebagai berikut :

$$Z_T = \sqrt{Z_1 Z_3} = \sqrt{50 \times 100} = 70,7 \Omega$$

4.1.1.4. Hasil Perancangan Saluran Pencatu Antena

Pada Perancangan Saluran Pencatu Antena ini hasil perancangan terdiri dari tiga tahapan perancangan yaitu perancangan 50 Ohm, 70,7 Ohm, dan 100 Ohm.

1. Perancangan Saluran Pencatu 50 Ohm

Untuk mendapatkan nilai impedansi saluran pencatuan 50 Ω dapat dilakukan dengan mencari panjang dan lebar saluran pencatuan dengan menggunakan persamaan berikut :

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

Dimana untuk mendapatkan B menggunakan persamaan sebagai berikut :

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

Maka dapat dihitung nilai B adalah sebagai berikut,

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

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

$$B = \frac{592,17}{103,68} = 5,71$$

Sehingga dapat diperoleh lebar saluran pencatu 50 Ω dengan persamaan sebagai berikut,

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

$$\begin{aligned} W &= \frac{2,0,0016}{\pi} \left\{ 5,71 - 1 \right. \\ &\quad \left. - \ln(2 \cdot 5,71 - 1) \right. \\ &\quad \left. + \frac{4,3 - 1}{2 \cdot 4,3} \left[\ln(5,71 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{4,3} \right] \right\} \\ W &= \frac{2,0,0016}{\pi} \{ 3,506 \} = 0,00311 = 3,1 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dan untuk mendapatkan panjang saluran pencatuan 50 Ω , terlebih dahulu menggunakan konstanta dielektrik efektif (ϵ_{eff}) yaitu sebesar 4,2 maka dapat dihitung dengan persamaan transformator $\lambda/4$ sebagai berikut :

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{eff}}}$$

Dimana nilai $\epsilon_{eff} = 4,2$

Oleh karena itu panjang gelombang dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{eff}}}$$

$$\lambda_g = \frac{0,13}{\sqrt{4,2}} = 0,063 \text{ m}$$

Sehingga dapat diperoleh panjang saluran pencatuan sebagai berikut :

$$l = \frac{\lambda_g}{4}$$

$$l = \frac{0,063}{4} = 0,0158 \text{ m} = 15,8 \text{ mm}$$

2. Perancangan Saluran Pencatu 70,7 Ohm

untuk mendapatkan nilai saluran pencatuan $70,7\Omega$ menggunakan persamaan sebagai berikut :

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

Dimana untuk mendapatkan B menggunakan persamaan sebagai berikut :

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

Maka dapat dihitung nilai B adalah sebagai berikut :

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

$$B = \frac{60\pi^2}{70,7\sqrt{4,3}}$$

$$B = \frac{592,17}{146,6} = 4,039$$

Sehingga dapat diperoleh lebar saluran pencatu $70,7 \Omega$ dengan persamaan sebagai berikut,

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

$$W = \frac{2.0,0016}{\pi} \left\{ 4,04 - 1 \right. \\ \left. - \ln(2.4,04 - 1) \right. \\ \left. + \frac{4,3 - 1}{2.4,3} \left[\ln(4,04 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{4,3} \right] \right\}$$

$$W = \frac{2.0,0016}{\pi} \{1,604\} = 0,00163 = 1,63 \text{ mm}$$

3. Perancangan Saluran Pencatu 100 Ohm

Untuk mendapatkan nilai saluran pencatu 100 Ω menggunakan persamaan sebagai berikut :

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

Dimana untuk mendapatkan B menggunakan persamaan sebagai berikut :

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

Maka dapat dihitung nilai B adalah sebagai berikut :

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

$$B = \frac{60\pi^2}{100\sqrt{4,3}}$$

$$B = \frac{592,17}{207,36} = 2,86$$

Sehingga dapat diperoleh lebar saluran pencatu 100 Ω ,

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

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{2.0,0016}{\pi} \left\{ 2,86 - 1 \right. \\
 &\quad \left. - \ln(2.2,86 - 1) \right. \\
 &\quad \left. + \frac{4,3 - 1}{2.4,3} \left[\ln(2,86 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{4,3} \right] \right\} \\
 W &= \frac{2.0,0016}{\pi} \{0,64\} = 0,00065 = 0,65 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

4.1.1.5. Hasil Perancangan Jarak *Array* Antena

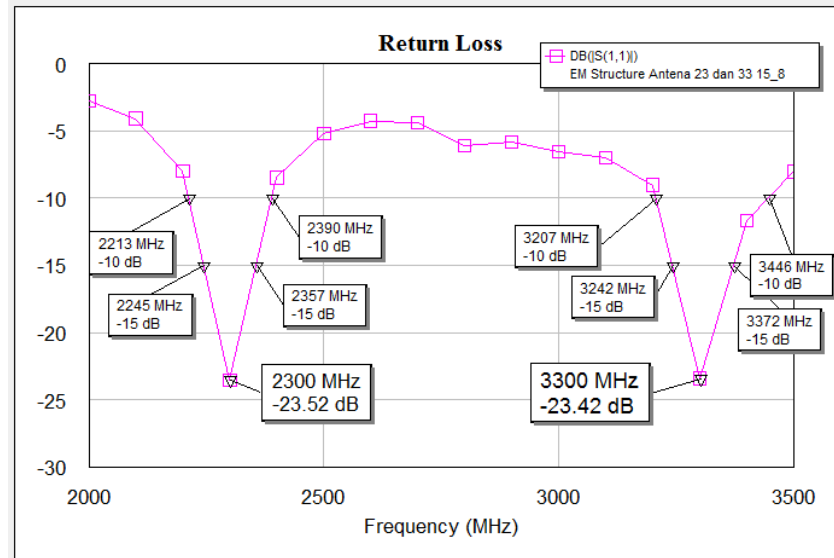
Pada perancangan antena mikrostrip jarak *array* antena harus diatur agar antar elemen tidak saling tumpang tindih dan berdekatan. Untuk mendapatkan jarak antar antena ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$d = \lambda_0 \times 0,52 = 0,13 \times 0,52 = 0,676m = 68 \text{ mm}$$

4.1.2. Hasil Simulasi

4.1.2.1. Hasil Simulasi Nilai *Return Loss*

Dalam melakukan simulasi nilai *return loss* pada antena mikrostrip *array* yang bekerja pada dua frekuensi yaitu 2,3 GHz dan 3,3 GHz, yang disimulasikan dengan menggunakan perangkat lunak AWR *design environtment*, adapun hasil dari simulasi yang dilakukan adalah seperti gambar 4.1 :



Gambar 4.1 Hasil simulasi nilai *return loss*

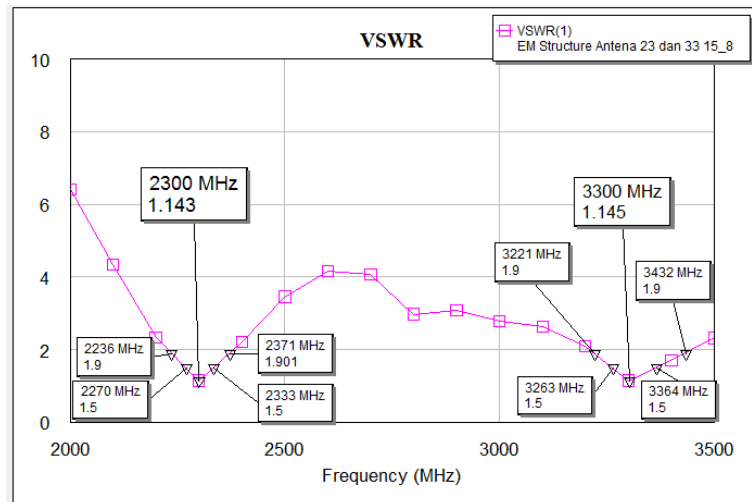
Dari gambar 4.1 terlihat bahwa nilai yang dihasilkan pada frekuensi 2,3 GHz dan 3,3 GHz cukup baik, dimana pada tabel dibawah ini terlihat nilai dari parameter tersebut adalah :

Tabel 4.1 Hasil simulasi nilai *return loss*

Frekuensi Kerja	Frekuensi Simulasi	Nilai Return Loss	Rentang Frekuensi
2300 MHz	2300 MHz	-23.52 dB	2213 MHz sampai 2390 MHz
3300 MHz	3300 MHz	-23,42 dB	3207 MHz sampai 3446 MHz

4.1.2.2. Hasil Simulasi Nilai VSWR

Dalam melakukan simulasi nilai VSWR pada antena mikrostrip *array* yang bekerja pada dua frekuensi yaitu 2,3 GHz dan 3,3 GHz, yang disimulasikan dengan menggunakan perangkat lunak *AWR design enviroentment*, adapun hasil dari simulasi yang dilakukan adalah seperti gambar 4.2:



Gambar 4.2 Hasil simulasi nilai VSWR

Seperti terlihat pada gambar 4.2 bahwa nilai yang dihasilkan pada frekuensi 2,3 GHz dan 3,3 GHz cukup baik, dimana pada tabel dibawah 4.2 terlihat nilai dari parameter tersebut adalah :

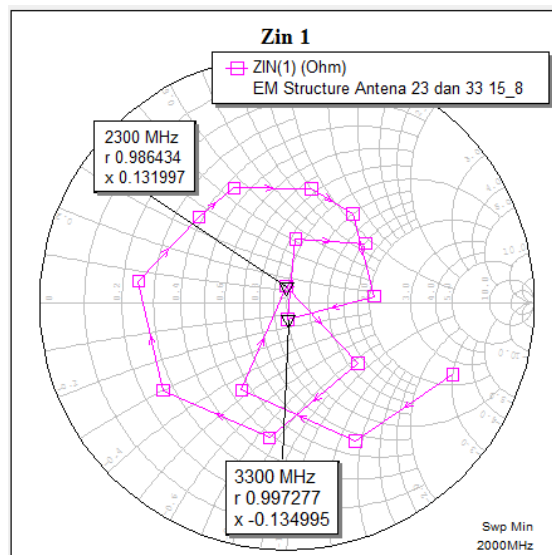
Tabel 4.2 Hasil simulasi nilai VSWR

Frekuensi Simulasi	Hasil nilai VSWR
2000 MHz	6,41
2100 MHz	4,33
2200 MHz	2,32
2300 MHz	1,14
2400 MHz	2,21
2500 MHz	3,45
2600 MHz	4,16
2700 MHz	4,06
2800 MHz	2,97
2900 MHz	3,08

3000 MHz	2,78
3100 MHz	2,62
3200 MHz	2,09
3300 MHz	1,14
3400 MHz	1,7
3500 MHz	2,31

4.1.2.3. Hasil Simulasi Nilai Impedansi Masukan

Dalam melakukan simulasi nilai impedansi masukan pada antenna mikrostrip *array* yang bekerja pada dua frekuensi yaitu 2,3 GHz dan 3,3 GHz yang disimulasikan dengan menggunakan perangkat lunak AWR *design environment*, adapun hasil dari simulasi yang dilakukan adalah seperti gambar 4.3 berikut:



Gambar 4.3 Hasil simulasi nilai impedansi masukan

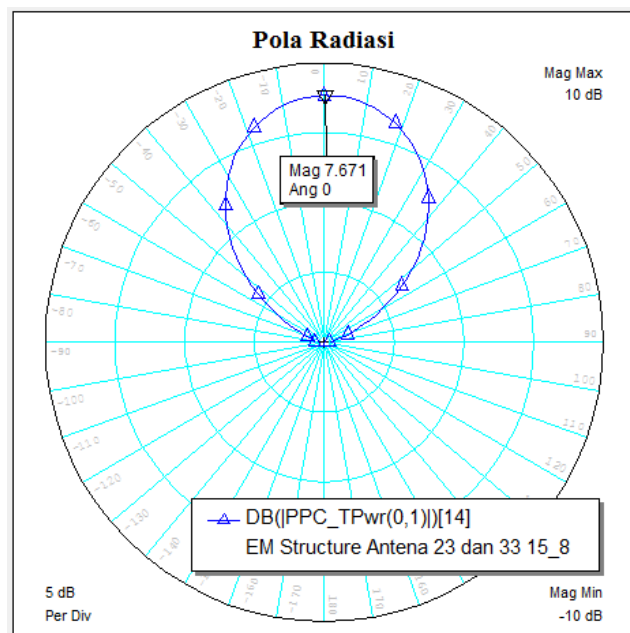
Seperti terlihat pada gambar 4.3 bahwa nilai impedansi masukan yang dihasilkan pada frekuensi 2,3 GHz dan 3,3 GHz cukup ideal, dimana pada tabel 4.3 terlihat nilai dari parameter tersebut adalah :

Tabel 4.3 Hasil simulasi nilai impedansi masukan

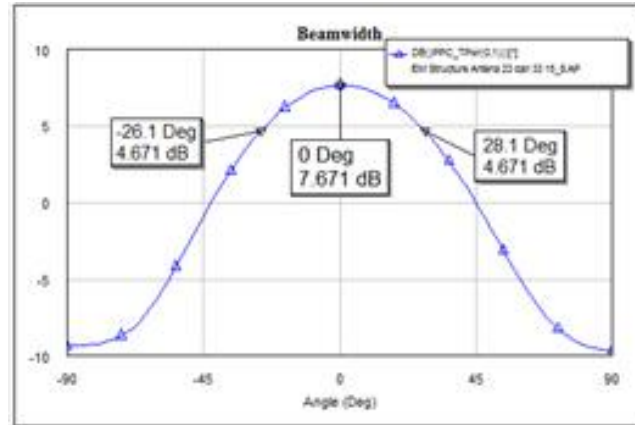
Frekuensi Kerja	Frekuensi Simulasi	Nilai Impedansi Masukan
2300 MHz	2300 MHz	49,75
3300 MHz	3300 MHz	50,32

4.1.2.4. Hasil Simulasi Pola Radiasi dan *Gain*

Dalam melakukan simulasi pola radiasi pada antenna mikrostrip dual frekuensi 2,3 GHz dan 3,3 GHz dengan menggunakan perangkat lunak AWR *design environment*, didapatkan hasil dari simulasi yang dilakukan adapun bentuk pola radiasi antenna adalah seperti pada gambar 4.4 berikut :



Gambar 4.4 Hasil simulasi pola radiasi



Gambar 4.5. -3 dB *beamwidth* antena mikrostrip

Seperti terlihat pada gambar 4.4 bahwa pola radiasi dari antena mikrostrip yang dirancang adalah *directional*, dapat pula dicermati bahwa pola radiasi yang dihasilkan cukup baik dimana hampir tidak terlihat *side lobe* pada pola radiasi tersebut serta direktivitas yang dihasilkan sebesar 7,671 dB. Dan pada gambar 4.5. terlihat bahwa -3dB *beamwidth* terjadi pada $28,1^{\circ}$ dan $-26,1^{\circ}$.

4.2. Pembahasan

Pada penelitian ini data yang didapat seharusnya dari hasil pengukuran antena, hasil simulasi dan spesifikasi DPI antena BWA, namun karena sarana dan prasarana kurang menunjang untuk melakukan sebuah pengukuran maka data yang dikumpulkan dan diolah hanya data yang didapat dari hasil simulasi dengan spesifikasi DPI antena BWA, dan dalam pembahasan ini untuk mempermudah dalam melakukan pengolahan data serta analisis terhadap setiap parameter, dilakukan pengelompokan nilai dari parameter, adapun pengelompokan terbagi atas beberapa *port* pengukuran parameter yaitu *port* tunggal meliputi parameter

return loss, *VSWR*, *bandwidth* dan impedansi masukan sedangkan *port* ganda meliputi pola radiasi dan *gain* antenna.

4.2.1. Pembahasan Port Tunggal

Pada pembahasan port tunggal ini dilakukan analisis terhadap parameter *return loss* *VSWR* antenna serta impedansi masukan, hasil parameter tersebut didapat dari hasil simulasi menggunakan perangkat lunak *AWR design environment*. Dari Hasil pengujian parameter *return loss* dan *VSWR* antenna yang berada pada frekuensi 2,3 GHz dan frekuensi 3,3 GHz terlihat bahwa nilai *return loss* sebesar -23,52 dB dengan rentang frekuensi kerja mulai dari 2213 MHz sampai 2390 MHz dan pada frekuensi 3,3 GHz menghasilkan nilai *return loss* sebesar -23,42 dB dengan rentang frekuensi kerja 3208MHz sampai 3446 MHz yang terlihat pada gambar 4.1

Sedangkan besarnya nilai *VSWR* yang didapat dari hasil simulasi adalah sebesar 1,143 pada frekuensi 2,3 GHz dan sebesar 1,145 pada frekuensi 3,3 GHz yang terlihat pada gambar 4.2.

Dari nilai *VSWR* tersebut didapatkan besaran *impedance bandwidth* antenna, dimana untuk menentukannya dipisahkan antara *bandwidth* pada posisi $VSWR \leq 1,9$ dengan lebar *bandwidth* pada posisi $VSWR \leq 1,5$.

Pada $VSWR \leq 1,9$ nilai *bandwidth* yang diperoleh dapat kita ketatui dengan persamaan sebagai berikut :

Pada frekuensi 2,3 GHz besarnya *bandwidth* yang didapat adalah sebagai berikut,

$$Bandwidth = \frac{f_2 - f_1}{f_c} = \frac{2371 - 2236}{2300} \times 100\% = 5,8\% (135MHz)$$

Sedangkan pada frekuensi 3,3 GHz *bandwidth* yang didapat adalah sebagai berikut,

$$\text{Bandwidth} = \frac{f_2 - f_1}{f_c} = \frac{3432 - 3221}{3300} \times 100\% = 6,3\% (211\text{MHz})$$

Namun untuk nilai VSWR $\leq 1,5$ tersebut didapatkan bandwidth antenna untuk dengan persamaan sebagai berikut :

Pada frekuensi 2,3 GHz bandwidth yang didapat adalah sebagai berikut :

$$\text{Bandwidth} = \frac{f_2 - f_1}{f_c} = \frac{2333 - 2270}{2300} \times 100\% = 2,7\% (63\text{MHz})$$

Sedangkan pada frekuensi 3,3 GHz *bandwidth* yang didapat adalah sebagai berikut:

$$\text{Bandwidth} = \frac{f_2 - f_1}{f_c} = \frac{3364 - 3263}{3300} \times 100\% = 3\% (101\text{MHz})$$

Impedansi masukan (Z_{in}) pada antenna ini adalah sebesar 49,75 Ohm yang berada pada frekuensi 2,3 GHz dan pada frekuensi 3,3 GHz besar impedansi masukannya adalah 50,32 Ohm. nilai impedansi ini menunjukkan bahwa impedansi masukan antenna sudah mendekati impedansi karakteristik saluran transmisi yaitu 50 Ohm, atau dengan kata lain kondisi dalam keadaan *matching* namun dirasa sudah cukup ideal karena selisih impedansinya sebesar 0,25 Ohm dan 0,32 Ohm dengan presentase selisih impedansi berkisar antara 0,5 – 0,7 %.

4.4.2. Pembahasan Port Ganda

Data yang didapat dari hasil simulasi port ganda yang menggunakan perangkat lunak AWR design environment adalah besaran nilai parameter pola radiasi dan *gain*. Maka pada pembahasan ini yang dilakukan adalah analisis terhadap hasil simulasi parameter polaradiasi serta *gain* antenna.

Dari hasil simulasi antena mikrostrip ini dapat dilihat pada gambar 4.4 bahwa pola radiasi dari antena ini adalah *directional* dan arah berkas maksimum berada pada posisi 0° dengan besar lebar sudutnya berkisar sebesar 72° dan pada gambar 4.5 terlihat bahwa nilai -3dB *beamwidth* (HPBW) terjadi pada $28,1^{\circ}$ dan $-26,1^{\circ}$ serta polarisasi dari antena ini adalah linier dimana nilai *axial ratio* berada pada posisi $\geq 3\text{dB}$ yang dihasilkan adalah $26,22\text{ dB}$ pada frekuensi kerja 2300 MHz dan $11,5\text{ dB}$ pada frekuensi kerja 3300MHz .

Pada gambar 4.4 terlihat jelas bahwa pada antena mikrostrip ini terdapat nilai direktivitas sebesar $7,671\text{ dB}$. Sehingga dari nilai direktivitas ini dapat dicari nilai *gain* antena yaitu dengan persamaan sebagai berikut :

$$G = \text{Efisiensi} \times D \text{ total}$$

Besar efisiensi antena mikrostrip yang digunakan biasanya 60% sampai 70% . Namun dengan anggapan bahwa efisiensi antena yang dirancang adalah 60% maka dapat diperoleh gain sebesar :

$$\begin{aligned} G &= 70\% \times 7,671 = 5,4 \\ &= 10 \text{ Log } 5,4 \\ &= 7,32 = 7,3 \text{ dBi} \end{aligned}$$

Maka dengan demikian *gain* antena yang dirancang adalah sebesar $7,3\text{ dBi}$.

Selanjutnya dilakukan perbandingan antara spesifikasi antena yang dirancang dengan spesifikasi DPI antena BWA seperti terlihat pada tabel 4.4 berikut :

Tabel 4.4. Perbandingan spesifikasi antenna

Parameret Elektrikal	Nilai	
	Speifikasi DPI	Antena Array 2 Elemen
Frequency Range	2300-2390 MHz	2213-2390 MHz dan 3207-3445 MHz
Gain	Maksimum 15 dB	Mencapai 7,3 dB
Impedansi	50 Ω	49,75 Ω dan 50,32 Ω
Polarisasi	Vertikal	Linier
VSWR	Maksimum 1,9 :1	1,14 :1
Daya Maksimum Input	50 W	-
XPD	Minimum 20 dB	-
Konektor	N-Female/ SMA-Femae	SMA-Femae

Terlihat jelas pada tabel 4.4 bahwa parameter-parameter antenna terpenuhi mulai dari frekuensi kerja, VSWR sampai dengan impedansi masukan. antenna yang dirancang sudah sesuai dari tujuan penelitian dan memenuhi spesifikasi DPI. Dengan demikian antenna mikrostrip *array* dual frekuensi sudah sesuai dengan standar spesifikasi DPI antenna BWA.