

SALURAN PENYEPADANAN TRANSFORMATOR BINOMIAL *MULTISECTION* UNTUK ANTENA MIKROSTRIP DENGAN CATUAN *PROXIMITY COUPLED*

BINOMIAL MULTISECTION MATCHING TRANSFORMERS LINE FOR PROXIMITY COUPLED FED MICROSTRIP ANTENNA

Putri Rahmawati¹, Agus Dwi Prasetyo², Budi Syihabuddin³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹putriahmawati@student.telkomuniversity.ac.id, ²adprasetyo@telkomuniversity.ac.id,

³budisyihab@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Antena mikrostrip adalah antena yang dapat digunakan untuk sistem komunikasi jarak pendek, teknologi radar dan komunikasi nirkabel, dengan bentuk yang tipis, sederhana dan dapat bekerja pada frekuensi tinggi. Namun antena mikrostrip memiliki bandwidth yang sempit, sehingga dibutuhkan teknik tambahan untuk memperlebar bandwidth. Penyespandan impedansi transformator binomial *multisection* adalah penyespandan impedansi masukan (Z_{in}) menuju impedansi beban (Z_L) yang dapat memperlebar bandwidth. Antena yang didesain adalah antena dengan *patch* persegi dengan catuan *proximity coupled* pada frekuensi pengamatan satu sampai sepuluh GHz dan frekuensi tengah 5,5 GHz. Bahan yang digunakan sebagai substrat yaitu Duroid 5880 dengan permitivitas relative 2,2, dan ketebalan substrat 1,57 mm. *Feed line* yang digunakan pada penelitian ini berupa satu sampai lima *section* untuk menyesuaikan antara beban konektor 50 ohm dengan impedansi udara sebesar 377 ohm dengan transformator binomial *multisection*.

Hasil penelitian ini didapatkan bahwa antena dengan *feed line* 1 *section*, memiliki *bandwidth* sebesar 1,3280 GHz pada frekuensi 5,5 GHz. Antena dengan *feed line* 2 *section* bergeser ke frekuensi tinggi yaitu pada frekuensi 7.5 GHz dan memiliki *bandwidth* sebesar 0,4821 GHz. Antena dengan *feed line* 3 *section* memiliki *bandwidth* 0,832 GHz yaitu pada frekuensi 5,7 GHz. Antena dengan *feed line* 4 *section* memiliki *bandwidth* sebesar 0,3816 GHz dan bergeser ke frekuensi tinggi yaitu pada frekuensi 8,7 GHz. Antena dengan *feed line* 5 *section* memiliki *bandwidth* 0,7972 GHz yaitu pada frekuensi 5,6 GHz. Penambahan *section* pada antena dengan *feed line* yang bertingkat dapat memiliki *bandwidth* yang lebar.

Kata kunci: Transformator Binomial *Multisection*, Antena Mikrostrip, *Proximity Coupled*.

Abstract

Microstrip antennas are antennas that can be used for short-range communication systems, radar technology and wireless communication, with a thin, simple shape and can work at high frequencies. However, microstrip antennas have a narrow bandwidth, so additional techniques are needed to widen the bandwidth. The matching binomial multisection transformer impedance is matching input impedance (Z_{in}) to load impedance (Z_L) which can widen the bandwidth. The antenna designed is a square patch antenna with a proximity coupled band at a viewing frequency of one to ten GHz and a middle frequency of 5.5 GHz. The material used as a substrate is Duroid 5880 with a relative permittivity of 2.2, and a substrate thickness of 1.57 mm. The feed line used in this study is in the form of one to five sections to match the 50 ohm connector load with an air impedance of 377 ohm with a binomial multisection transformer.

The results of this study found that the antenna with feed section 1 section, has a bandwidth of 1.3280 GHz at a frequency of 5.5 GHz. The antenna with feed line 2 section shifts to high frequency, which is at 7.5 GHz frequency and has a bandwidth of 0.4821 GHz. Antennas with 3 section feed line have a bandwidth of 0.832 GHz, which is at a frequency of 5.7 GHz. Antennas with 4 section feed lines have a bandwidth of 0.3816 GHz and shift to high frequency at 8.7 GHz. Antennas with 5 section feed lines have a bandwidth of 0.7972 GHz, which is at a frequency of 5.6 GHz. Adding a section to the antenna with a stratified feed line can have a wide bandwidth.

Keywords: Binomial Multisection Transformer, Microstrip Antenna, Proximity Coupled.

1. Pendahuluan

Antena mikrostrip adalah antena yang dapat digunakan untuk sistem komunikasi jarak pendek, teknologi radar dan komunikasi nirkabel, dengan bentuk yang tipis, sederhana dan dapat bekerja pada frekuensi tinggi. Namun antena mikrostrip memiliki bandwidth yang sempit, sehingga dibutuhkan teknik tambahan untuk memperlebar bandwidth. Teknik yang dapat digunakan adalah peningkatan bandwidth pada *groundplane* antena menggunakan metode penyespandan impedansi transformator dengan *Two-section Flat Real-to-Real* [1], *Defected Ground Structure* (DGS) [2], penyespandan impedansi dengan *Double-Tuned* [3], penyespandan impedansi dengan *Short-Circuited Stubs* [4],

dan penyepadanan impedansi transformator binomial *multisection*.

Transformator *binomial multisection* atau yang dikenal dengan (*maximaly flat*) dapat meningkatkan bandwidth dengan rentan koefisien transmisi yang diinginkan (pencapaian penyepadanan impedansi yang baik di pita frekuensi), dan memiliki respon *passband* yang optimal untuk berbagai rasio [5]. *Proximity coupled* adalah teknik pencatutan yang menggunakan 2 substrat dielektrik Teknik ini unggul diantara teknik pencatutan pada antenna mikrostrip, dikarenakan dapat memperlebar bandwidth sebesar 13% dengan menggunakan substrat yang tebal pada *patch* antenna [7].

Pada penelitian ini akan merancang sebuah antenna mikrostrip *patch* persegi dengan impedansi bertingkat yang sepadan. Penelitian ini menggunakan frekuensi kerja 1 - 10 GHz dan memiliki $VSWR \leq 2$ dengan menggunakan metode distribusi transformator *binomial multisection*. Impedansi yang bertingkat akan disusun dengan menyepadankan antara impedansi udara sebesar 50Ω dengan impedansi beban sebesar 377Ω . Tingkatan impedansi yang digunakan terdiri dari $N=1 - 5$ section.

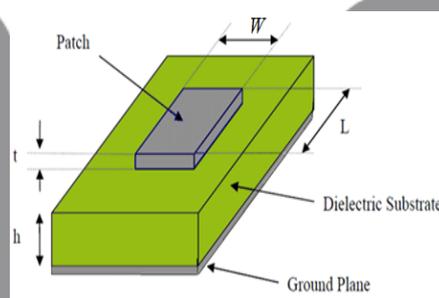
2. Dasar Teori

2.1. Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip dapat didefinisikan sebagai jenis antenna yang memiliki bentuk yang sangat tipis dan dapat bekerja pada frekuensi yang sangat tinggi [8]. Selain itu, antenna mikrostrip memiliki keunggulan seperti efisien untuk diproduksi, sederhana, sesuai (*compatible*) dengan desain *Monolithic Microwave Integrated Circuit* (MMIC) dan *low-profile*. Sehingga dapat digunakan untuk aplikasi komersial, seperti radio seluler dan komunikasi nirkabel yang membutuhkan antenna yang ringan, biaya perakitan yang murah, dan kinerja yang praktis. Antena mikrostrip terdiri dari tiga elemen penyusun yaitu, peradiasi (*patch*), substrat (*substrate*), dan bidang pentanahan (*groundplane*) [9][10].

2.1.1. Antena Mikrostrip Persegi

Antena mikrostrip *patch* persegi adalah antenna dengan *patch* berbentuk persegi yang desainnya sederhana dan menguntungkan untuk biaya fabrikasi yang rendah [11]. Antena mikrostrip persegi terdiri dari (W) adalah lebar *patch* (L) adalah panjang *patch, (ϵ_r) adalah nilai konstanta dielektrik substrat (h), adalah ketebalan dielektrik substrat.*



Gambar 2.1 Antena Mikrostrip Persegi [11].

Perancangan antenna bentuk *patch* persegi dilakukan dengan menggunakan pendekatan perhitungan matematis dari *patch* bentuk persegi panjang. Untuk menentukan lebar *patch* dan panjang *patch* ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut [10][11]:

a. Lebar *patch* (W)

Lebar *patch* didapatkan dengan persamaan :

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

Dimana nilai parameter c adalah kecepatan cahaya (3×10^8 m/s), f_0 adalah frekuensi resonansi antenna atau frekuensi center (Hz), dan ϵ_{reff} adalah konstanta dielektrik bahan substrat (mm).

b. Panjang *patch* (L)

Panjang *patch* (L) dapat dicari menggunakan persamaan:

$$L = L_{eff} - 2\Delta L, \quad (2.2)$$

Dimana L_{eff} adalah panjang *patch* efektif.

Groundplane pada antenna mikrostrip akan memiliki dimensi yang sama dengan substrat dielektrik. Sehingga persamaan untuk lebar *groundplane* (W_g) dan panjang *groundplane* (L_g) didapat melalui persamaan [11]:

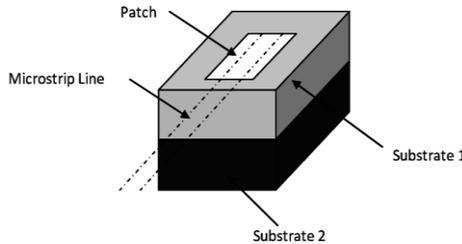
$$W_g = 6h + W, \quad (2.3)$$

$$L_g = 6h + W, \quad (2.4)$$

Dimana W adalah lebar *patch* (mm), L adalah panjang *patch* (mm), dan h adalah ketebalan substrat dielektrik (mm).

2.1.2. Teknik Pencatuaan Proximity Coupled

Proximity coupled atau disebut juga sebagai *Egtromagnetic Coupling* (EC) menggunakan dua lapis substrat dielektrik. Sehingga *patch* yang memancarkan radiasi berada dilapisan substrat teratas dan *feed line* berada diantara keduanya [15]. *Proximity coupled* mudah untuk disimulasikan, namun untuk proses fabrikasi teknik ini cukup sulit dikarenakan membutuhkan perataan yang tepat untuk kedua lapisan dielektrik [16].



Gambar 2.2 Proximity Coupled [14].

Untuk menghitung dimensi pencatu dapat dilakukan dengan persamaan [17] :

a. Lebar pencatuaan (*feed line*) didapat dengan persamaan :

$$W_f(N) = \frac{2h}{\pi} \left[B - I - \ln(2B - I) + \frac{\epsilon_r - 1}{A\epsilon_r} [\ln(B - I) + 0.39 - \frac{0.6I}{\epsilon_r}] \right], \tag{2.5}$$

$$B = \frac{377\pi}{2Z_N \sqrt{\epsilon_r}}, \tag{2.6}$$

Dimana W_f adalah lebar *feed line* (mm), h adalah ketebalan substrat (mm), Z_N adalah impedansi karakteristik tingkat catuan (Ω), dan ϵ_r adalah konstanta dielektik substrat .

b. Panjang pencatuaan (*feed line*) didapat dengan persamaan :

$$L_f = \frac{\lambda_g}{4}, \tag{2.7}$$

Dimana L_f adalah panjang *feed line* (mm), dan λ_g adalah panjang gelombang *groundplane* yang didapat dengan persamaan :

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{reff}}}, \tag{2.8}$$

Dimana ϵ_r adalah konstanta permitivitas efektif (mm), c adalah kecepatan cahaya (3×10^8 m/s), λ_g adalah panjang gelombang (mm), dan f_0 adalah frekuensi tengah atau frekuensi resonansi (Hz).

2.2 Transformator Binomial Multisection

Transformator binomial *multisection* adalah transformator yang memiliki respon *passband* yang optimal (pencapaian penyepadan impedansi yang baik di pita frekuensi). Teknik penyepadan ini memiliki saluran dimana tiap tingkatan mempunyai impedansi saluran yang berbeda [18]. Respon datar ini ditentukan dari transformator *N-section*, dimana $N - 1$ sebagai turunan pertama dari koefisien refleksi ke angka nol pada frekuensi tengah. Respon tersebut didapatkan dengan persamaan koefisien refleksi sebagai berikut [6] :

$$\Gamma(\theta) = A(1 + e^{-2j\theta})^N \tag{2.10}$$

Maka koefisien refleksi *magnitude* didapat dengan persamaan :

$$|\Gamma(\theta)| = 2^N |A| |\cos \theta|^N, \tag{2.11}$$

$$A = 2^{-N} \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}, \tag{2.12}$$

$$N = \frac{Z_L}{Z_0}, \tag{2.13}$$

Dimana Z_L adalah impedansi beban, Z_0 adalah impedansi udara, dan N adalah jumlah tingkatan. Untuk menghitung impedansi tiap tingkatan didapat dengan persamaan :

$$Z_N = \ln Z_{(N-1)} + 2^{-N} C_n^N \ln \frac{Z_L}{Z_0}, \tag{2.14}$$

$$C_n^N = \left(\frac{N!}{(N-n)!n!} \right), \tag{2.15}$$

$$n = N - 1, \quad (2.16)$$

Dimana C adalah koefisien binomial, n adalah jumlah impedansi karakteristik pada setiap tingkatan, dan N adalah jumlah tingkatan.

Bandwith pada transformator binomial *multisection* didapat dengan persamaan :

$$BW = \frac{\Delta f}{f_o} = 2 - \frac{4}{\pi} \left[\frac{1}{2} \left(\frac{\Gamma_m}{|A|} \right)^{\frac{1}{N}} \right], \quad (2.17)$$

Dimana Δf adalah bandwith frekuensi, Γ_m adalah koefisien refleksi maksimum, Z_L adalah impedansi beban, Z_o adalah impedansi udara, f_o frekuensi kerja, dan N adalah jumlah tingkatan. Koefisien refleksi maksimum dapat diperoleh dengan persamaan :

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma_m|}{1 - |\Gamma_m|}, \quad (2.18)$$

Dimana Δf adalah bandwith frekuensi, Γ_m adalah koefisien refleksi maksimum, Z_L adalah impedansi beban (Ω), Z_o adalah impedansi udara (Ω), f_o frekuensi kerja (Hz), N adalah jumlah tingkatan [7].

3. Pembahasan

3.1 Menentukan Impedansi Masing-Masing Tingkat

Menentukan nilai impedansi karakteristk pada tiap tingkat didapat dengan menghitung koefisien binomial terlebih dahulu menggunakan persamaan (2.15) dan (2.16). Sehingga impedansi karakteristk di tiap tingkatan dapat diperoleh dengan perhitungan matematis yang menggunakan persamaan (2.14).

Tabel 3.1 Impedansi Karakteristik Masing-Masing Tingkat.

Jumlah N	$Z_{(n)}$	Nilai (Ω)
1	Z_1	137.27
	Z_1	82.84
2	Z_2	227.46
	Z_1	64.32
3	Z_2	137.13
	Z_3	292.36
	Z_1	56.71
4	Z_2	93.97
	Z_3	200.33
	Z_4	331.95
	Z_1	53.25
5	Z_2	72.96
	Z_3	137.13
	Z_4	257.75
	Z_5	352.482
	Z_1	53.25

3.2 Menentukan Lebar Masing-Masing Tingkat

Lebar pada setiap tingkatan dapat diperoleh dengan persamaan (2.5) dan (2.6) dengan nilai $Z_{N(n)}$ yang telah didapatkan dari Tabel 3.1. Sehingga lebar pada setiap tingkatan didapat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Nilai Dimensi Saluran Transformator Masing-Masing Tingkat.

Jumlah N	$W_{f(n)}$	Nilai (mm)
1	$W_{f(1)}$	4.84
	$W_{f(1)}$	2.075
2	$W_{f(2)}$	0.094
	$W_{f(1)}$	3.25
3	$W_{f(2)}$	0.63
	$W_{f(3)}$	0.023
	$W_{f(1)}$	3.99
4	$W_{f(2)}$	1.61

	$W_{f(3)}$	0.166
	$W_{f(4)}$	0.01
5	$W_{f(1)}$	4.40
	$W_{f(2)}$	2.63
	$W_{f(3)}$	0.63
	$W_{f(4)}$	0.044
	$W_{f(5)}$	0.007

3.3 Menentukan Panjang dan Bandwith Masing-Masing Tingkat Transformator

Menentukan panjang *feed line* transformator L_f pada antenna mikrostrip dengan bentuk *patch* persegi, didapatkan dengan perhitungan matematis yang menggunakan persamaan (2.7) dan (2.8) :

$$\lambda_o = \frac{c}{f_o} = \frac{3 \times 10^3}{5.5 \times 10^9}$$

$$= 0.05454m$$

$$= 54.54mm$$

sehingga panjang *feed line* transformator diperoleh dengan hasil :

$$L_f = \frac{\lambda_o}{4\sqrt{\epsilon r_{eff}}}$$

$$= \frac{54.54}{4 \times \sqrt{2.038}}$$

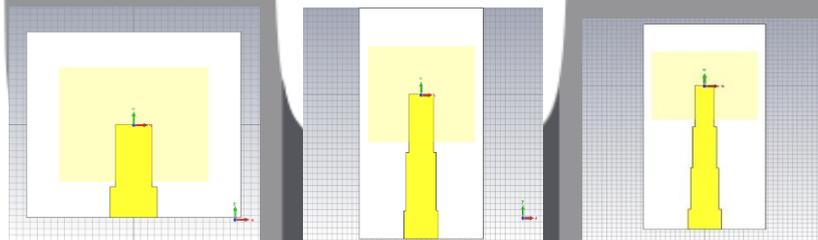
$$= 9.56mm$$

Untuk menghitung bandwith pada setiap tingkatan saluran transformator langkah awal yang dilakukan adalah menentukan koefisien refleksi maksimum dengan menggunakan persamaan (2.17) dan (2.18). Sehingga nilai bandwith dapat dilihat pada Table 3..

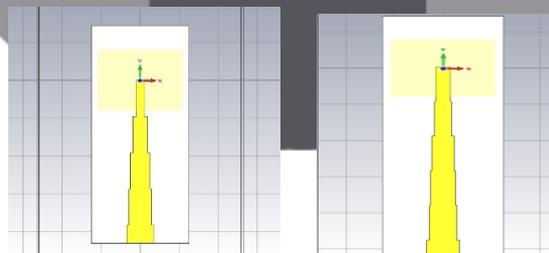
Tabel 3.3 Bandwith Masing-Masing Tingkat.

Jumlah N	Bandwith Fraksional (%)
1	42.37
2	77.55
3	96.81
4	109.22
5	118.05

3.4. Simulasi Antena Patch Persegi Proximity Coupled Untuk 1 – 5 Section



Gambar 3.1 Feed Line 1, 2, dan 3 Section.



Gambar 3. 2 Feed Line 4 dan 5 Section.

Simulasi antenna *proximity coupled* untuk 1-5 *section* menggunakan parameter dimensi yang sama pada antenna *proximity coupled* 1 *section*. Namun, terdapat perubahan dimensi L_g (panjang *groundplane*) dan sisi atas pada *groundplane*. Hal ini disebabkan oleh bertambahnya *section* dengan panjang quarter wave yang sama. Sehingga panjang *groundplane* pada *feed line* bertambah dengan, menyesuaikan penambahan *section*. Untuk sisi atas *groundplane* dipotong setiap penambahan *section* untuk menyamakan sisi atas pada antenna 1 *section*. Dengan dimensi

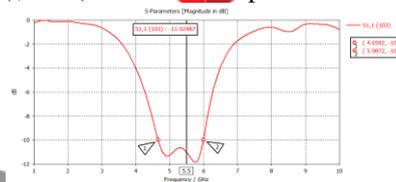
yang didapat sesuai perhitungan pada Tabel 3.4. Untuk Panjang setiap *feed line* tidak dilakukan optimasi, karena dapat memperlebar panjang *groundplane* dan menurunkan bandwidth.

Tabel 3.4 Nilai Parameter Dimensi Antena.

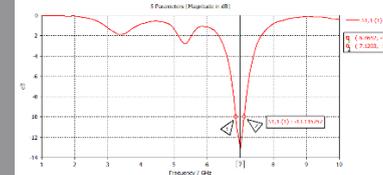
Nama	Nilai (mm)	Keterangan
W_p	21.56	Lebar <i>patch</i>
L_p	17.50	Panjang <i>patch</i>
W_g	30.98	Lebar <i>substrate</i>
L_g	26.93	Panjang <i>substrate</i>
H	1.57	Tebal <i>substrate</i>
t	0.035	Tebal konduktor
L_f	9.56	Panjang <i>feed line</i> transformator
W_{f0}	4.84	Lebar <i>feed line</i> Z0

4. Analisis

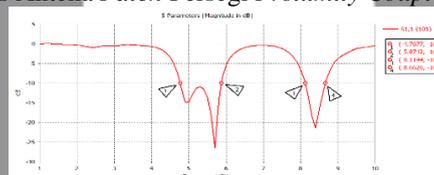
Pada antena *patch* persegi *proximity coupled* untuk 1-5 *section* akan dianalisis hasil optimasi bagaimana pengaruh dimensi terhadap bandwidth. Dimensi yang akan dianalisis terdiri dari L_g (panjang *groundplane*), W_g (lebar *groundplane*), W_{f0} (lebar impedansi Z0), dan (selisih lebar impedansi Z_{n-1} dan Z_n).



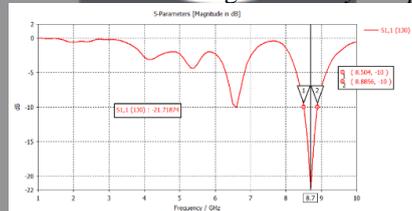
Gambar 4.1 Nilai Return Loss Antena *Patch* Persegi *Proximity Coupled* untuk 1 *Section* Sesudah Optimasi.



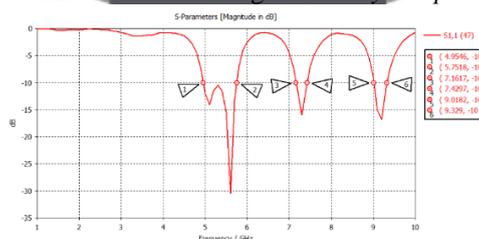
Gambar 4.2 Nilai Return Loss Antena *Patch* Persegi *Proximity Coupled* untuk 2 *Section* Sebelum Optimasi.



Gambar 4.3 Nilai Return Loss Antena *Patch* Persegi *Proximity Coupled* untuk 3 *Section* Setelah Optimasi.



Gambar 4.4 Nilai Return Loss Antena *Patch* Persegi *Proximity Coupled* Untuk 4 *Section* Setelah Optimasi.



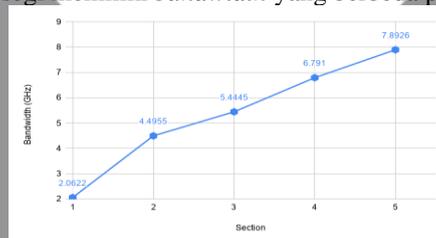
Gambar 4.5 Nilai Return Loss Antena *Patch* Persegi *Proximity Coupled* Untuk 5 *Section* Setelah Optimasi.

4.1. Analisis dan Hasil Keseluruhan Antena Patch Persegi *Proximity Coupled* Setiap *Section*

Berdasarkan optimasi dan analisis kinerja antena yang dimulai dari satu *section* sampai lima *section*. Maka diperoleh hasil yang optimal yaitu:

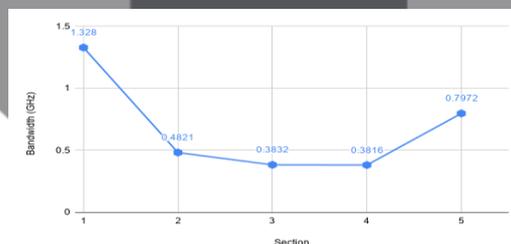
1. *Feed line 1 section* tanpa menggunakan *proximity coupled* dan *patch* memiliki *bandwidth* 2,0622 GHz dengan nilai *bandwidth* fraksional 36,24%. Sedangkan antena *patch* persegi *proximity coupled* dengan *feed line 1 section* memiliki *bandwidth* sebesar 1,3280 GHz dengan nilai *bandwidth* fraksional sebesar 24,95 %, pada frekuensi 5,5 GHz.
2. *Feed line 2 section* tanpa menggunakan *proximity coupled* dan *patch* memiliki *bandwidth* 4,4955 GHz dengan nilai *bandwidth* fraksional 77,85%. Sedangkan antena *patch* persegi *proximity coupled* dengan *feed line 2 section* memiliki *bandwidth* sebesar 0,4821 GHz dengan nilai *bandwidth* fraksional sebesar 6,4%, pada frekuensi 7,5 GHz.
3. *Feed line 3 section* tanpa menggunakan *proximity coupled* dan *patch* memiliki *bandwidth* 5,4445 GHz dengan nilai *bandwidth* fraksional 0,932%. Sedangkan antena *patch* persegi *proximity coupled* dengan *feed line 3 section* memiliki *bandwidth* sebesar 0,832 GHz dengan nilai *bandwidth* fraksional sebesar 20,80 %, pada frekuensi 5,7 GHz.
4. *Feed line 4 section* tanpa menggunakan *proximity coupled* dan *patch* memiliki *bandwidth* 6,7918 GHz dengan nilai *bandwidth* fraksional 115,35%. Sedangkan antena *patch* persegi *proximity coupled* dengan *feed line 4 section* memiliki *bandwidth* sebesar 0,3816 GHz dengan nilai *bandwidth* fraksional sebesar 1 4,38%, pada frekuensi 8,7 GHz.
5. *Feed line 5 section* tanpa menggunakan *proximity coupled* dan *patch* memiliki *bandwidth* 7,8926 GHz dengan nilai *bandwidth* fraksional 134,42%. Sedangkan antena *patch* persegi *proximity coupled* dengan *feed line 5 section* memiliki *bandwidth* sebesar 0,7972 GHz dengan nilai *bandwidth* fraksional sebesar 14,89%, pada frekuensi 5.6 GHz.

Setelah dilakukan simulasi pada *feed line* binomial *multisection* tanpa menggunakan *patch*, *bandwidth* yang dihasilkan pada setiap *section* dapat dilihat pada Gambar 4.26. *Feed line* binomial *multisection* dengan *section* 1-5 tanpa menggunakan *patch* memiliki *bandwidth* yang meningkat pada setiap *section*. Namun untuk *feed line* binomial *multisection* dengan antena *patch* persegi memiliki *bandwidth* yang berbeda pada setiap *section*nya tidak meningkat.



Gambar 4.6 Grafik Perbandingan *Feed Line* Setiap *Section* Tanpa Menggunakan Antena *Patch* Persegi *Proximity Coupled* Terhadap *Bandwidth*.

Gambar 4.27 menunjukkan hasil *bandwidth* antena *patch* persegi dengan *feed line* 1-5 *section*. Untuk *section* 1,3, dan 5 memiliki *bandwidth* diatas 1 GHz, sedangkan pada 2 dan 4 *section* memiliki *bandwidth* dibawah 1 GHz. Hal ini disebabkan karena adanya *patch* pada *feed line* binomial *multisection* yang dapat mempengaruhi *bandwidth* pada setiap *section*. Antena dengan *feed line* ber*section* yang memiliki *bandwidth* yang tertinggi adalah pada *feed line* dengan 1 *section* yaitu 1,3280 GHz, dan *feed line* yang menggunakan 4 *section* memiliki *bandwidth* terkecil yaitu 0.3816 GHz.



Gambar 4.7 Grafik Perbandingan *Feed Line* Setiap *Section* pada Antena *Patch* Persegi *Proximity Coupled* Terhadap *Bandwidth*.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari hasil semua proses perancangan, analisis dan simulasi menggunakan software CST terhadap antena *proximity coupled* dengan *feed line* menggunakan binomial *multisection* yang bertingkat dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh dimensi lebar *groundplane* dapat meningkatkan *bandwidth*. Semakin kecil dimensi lebar

groundplane, maka bandwidth yang dihasilkan dapat meningkat.

2. Pengaruh dimensi panjang *groundplane* dapat menurunkan bandwidth. Semakin besar dimensi panjang *groundplane*. Maka bandwidth yang dihasilkan menurun.
3. Perubahan dimensi lebar setiap section dapat meningkatkan bandwidth dengan panjang quarter wave yang sama.
4. *Feed line* dengan *section* yang menghasilkan bandwidth terbesar adalah *feed line* dengan 3 *section*. sedangkan *feed line* yang memiliki bandwidth yang terkecil adalah 2 *section*.
5. *Feed line* dengan 1, 3, dan 5 *section* memiliki bandwidth diatas 1 GHz. Sedangkan untuk 2 dan 4 *section* memiliki bandwidth dibawah 0.5 GHz.

5.2 Saran

Untuk meningkatkan bandwidth pada antenna mikrostrip dengan *feed line* menggunakan binomial multisection yang bertingkat ada beberapa hal yang dapat dijadikan pertimbangan untuk penelitian selanjutnya yaitu sebagai berikut:

1. Untuk meningkatkan bandwidth pada antenna, disarankan tidak menggunakan 4 *section*, karena memiliki bandwidth yang kecil.
2. Penambahan *section* pada *feed line* lebih banyak lagi, semisal 7 atau 9 *section*.
3. Melakukan penelitian lebih lanjut mengenai bentuk *patch* yang lain dan diberi slot.

Daftar Pustaka:

- [1] R. Darraji, M. M. Honari, R. Mirzavand, F. M. Ghannouchi, and P. Mousavi, "Wideband Two-Section Impedance Transformer with Flat Real-to-Real Impedance Matching," *IEEE Microw. Wirel. Components Lett.*, vol. 26, no. 5, pp. 313–315, 2016.
- [2] W. Aditomo and A. Munir, "Bandwidth enhancement of ultra-wideband microstrip bandpass filter using defected ground structure," *2013 Int. Conf. Qual. Res. QiR 2013 - Conjunction with ICCS 2013 2nd Int. Conf. Civ. Sp.*, pp. 64–67, 2013.
- [3] K. Kanjanasit and C. Wang, "A high performance micromachined CPW fed aperture coupled compact patch antenna using a double-tuned impedance matching method," *2016 Int. Symp. Intell. Signal Process. Commun. Syst. ISPACS 2016*, pp. 5–9, 2017.
- [4] Q. Lines, S. Stubs, Q. Wu, S. Member, and L. Zhu, "Wideband Impedance Transformers With Good Frequency Selectivity Based on Multisection," vol. 26, no. 5, pp. 337–339, 2016.
- [5] I. Hashash, M. H. Bataineh, and A. S. Al-zoubi, "Design of Compact Impedance Matching Components," vol. 3, no. 3, pp. 171–180, 2017.
- [6] Pozar, David M. *Microwave Engineering*, 3rd Edition. John Wiley & Sons, 2005.
- [7] S. Gupta and S. Singh, "Bandwidth Enhancement in Multilayer Microstrip Proximity Coupled Array," *Int. J. Electron. Comput. Sci. Eng.*, vol. 1, no. 2, pp. 287–293, 2012.
- [8] B. . Garg,P, "Microstrip antenna design handbook," *Artech House antennas and propagation library*. pp. 761–762, 2001.
- [9] Garg, R. (Ed.), "Microstrip Antenna Design Handbook". Artech House, 2001.
- [10] P. Akila, P. Akshaya, L. Aparna, J. Mary, and S. Mol, "Design and Analysis of Microstrip Patch Antenna Using Alumina and Paper Substrate for Wifi Application," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, pp. 3287–3290, 2018.
- [11] P. To, H. Of, E. With, and T. For, "The Approach to Realize The C characteristics of Saw Resonator with The Temperature Compensation and S teepness for Pcs Duplexer" 2003 Ieee Ultrasonics Symposium-386," vol. 00, no. c, pp. 385–388, 2003.
- [12] N. Mohamed, S. Banu, M. Ramkumar Prabhu, U. T. Sasikala, P. Student, and A. Prof, "Design A Square Microstrip Patch Antenna for S-Band Application," *IOSR J. Electron. Commun. Eng. Ver. IV*, vol. 10, no. 2, pp. 2278–2834, 2015.
- [13] R. Bansal, *Antenna theory*, vol. 25, no. 2. 2013.
- [14] Lee Geun Yoon, Ji Hwan Ko, and Young Ki Cho, "Electromagnetic coupling in aperture-coupled and proximity-coupled microstrip antenna structures," vol. 3, pp. 518–521, 2002.
- [15] A. Chaudhary and E. S. Bhasin, "Designing of a coaxial fed antenna for IMT applications," vol. 2, no. 11, pp. 38–43, 2016.
- [16] K.-L. Wong, *Broadband Microstrip Antennas*. 2003.
- [17] M. Khodier, N. Dib, and J. Ababneh, "Design of multi-band multi-section transmission line transformer using particle swarm optimization," *Electr. Eng.*, vol. 90, no. 4, pp. 293–300, 2008.
- [18] Bahl, Inder. *Lumped Element for RF and Microwave Circuits*. Massachusetts : Artech House. 2003.