

PERANCANGAN DAN SIMULASI MULTI LAYER PARASITIC ANTENA ARRAY MIKROSTRIP 1X2 DENGAN PATCH PERSEGI UNTUK APLIKASI 2,45 GHZ

Fachrul Reiza Medina^{1*}, Edwar²

^{1,2}Program Studi Teknik Telekomunikasi, Universitas Telkom

Jl. Telekomunikasi No. 01, Terusan Buah Batu, Dayeuhkolot, Bandung, Jawa Barat, 40257

*Email : fachrulreizamedina@student.telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Antena merupakan suatu perangkat penting pada sistem komunikasi nirkabel (*wireless*). Pada makalah ini, *multi layer parasitic* antena susunan mikrostrip 1x2 dengan *patch* persegi (*rectangular*) dirancang dan disimulasikan untuk aplikasi 2,45 GHz menggunakan *software* CST STUDIO SUITE 2014. Antena tersebut dirancang dengan menggunakan material FR-4 untuk substrat pada masing – masing elemen antena dan tembaga sebagai material yang digunakan pada *patch*, *feed line*, serta *ground plane* (reflektor) antena, dan silikon yang digunakan sebagai penyangga (*spacer*) antar elemen antena. Antena ini memiliki lima buah elemen yang terdiri atas satu elemen *driven* dan empat elemen *director*. Masing – masing elemen antena terdiri atas dua buah *patch* persegi yang disusun sejajar dan dihubungkan dengan menggunakan *T-junction*. Elemen – elemen *director* berjarak $\lambda/4$ satu sama lain, sedangkan jarak antara elemen *driven* dan elemen *director* pertama adalah $\lambda/2$. Adapun elemen *driven* memiliki reflektor (*ground plane*) sebagai pemfokus arah pancaran antena dan berfungsi untuk meningkatkan gain antena. Hasil simulasi menunjukkan bahwa antena tersebut memiliki nilai *return loss* sebesar -21,05 dB, *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR) 1,19, dan *bandwidth* 45,1 MHz. Selain itu, antena tersebut berpolarisasi linear dengan pola radiasi *unidirectional*, memiliki nilai direktivitas maksimum sebesar 11,4 dBi dan *gain* maksimum 8,25 dBi, serta nilai impedansi 49,8 Ω . Penggunaan antena susunan mikrostrip yang disusun secara *parasitic* akan meningkatkan *gain* antena, sehingga antena tersebut dapat digunakan untuk komunikasi nirkabel dengan jarak yang lebih jauh pada aplikasi 2,45 GHz.

Kata kunci: Antena Susunan Mikrostrip, *Multi Layer*, *Parasitic*

Abstract

Antenna is an important device in wireless communication system. In this paper, multi layer parasitic microstrip 1x2 array antenna with rectangular patch is designed and simulated for 2.45 GHz applications using CST STUDIO SUITE 2014. FR-4 material is used as antenna substrate (on each elements), copper for antenna patch, feed line, and ground plane, also silicon as spacer between antenna's elements. This antenna have five elements which consist of one driven element and four director elements. Each of these elements have two rectangular patches which is arranged as an array antenna and connected using the T-junction. The director elements is separated by $\lambda/4$, while the distance between driven and the first director element is $\lambda/2$. On the other hand, the driven element has a reflector (ground plane) for focussing the antenna radiation pattern and also enhance the gain of antenna. The results show that return loss is -21.05 dB, Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) is 1.19 with bandwidth of 45.1 MHz. This antenna has a linear polarization with unidirectional radiation pattern, maximum directivity is about 11.4 dBi with maximum gain is 8.25 dBi, and 49.8 Ω for the impedance. Thus, the antenna will have a higher gain and can be used for longer wireless communication at 2.45 GHz.

Keywords : Microstrip Array Antenna, Multi Layer, Parasitic

PENDAHULUAN

Antena merupakan perangkat penting dalam sistem komunikasi nirkabel (*wireless communication system*). Antena digunakan untuk membangun *link* komunikasi antara sisi pengirim (*transmitter*) dan sisi penerima (*receiver*) yang bekerja pada suatu rentang frekuensi tertentu. Merujuk pada keputusan Menteri Perhubungan Nomor 2 tahun 2005, salah satu pita frekuensi yang dapat secara bebas digunakan untuk akses data dan/atau akses internet adalah pita frekuensi 2.4 – 2.4835 GHz serta tergolong kedalam *ISM (Industrial, Science, and Medical) frequency band* 2.4 GHz.

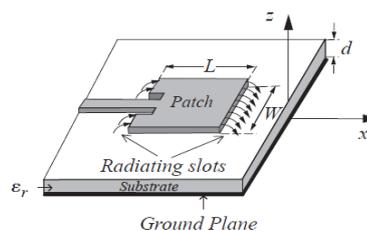
Antena memiliki berbagai macam bentuk, jenis, dan ukuran. Salah satu jenis antena adalah antena mikrostrip. Antena mikrostrip memiliki ukuran yang kecil, murah dan mudah untuk difabrikasi, serta ringan (Huque, 2011). Disisi lain, antena mikrostrip memiliki nilai efisiensi yang kecil, *Quality Factor (Q)* yang tinggi, dan *bandwidth* yang sempit. Antena mikrostrip terdiri atas lapisan substrat yang terletak diantara *patch* dan *ground plane*, serta terdapat *feed* yang berfungsi sebagai tempat pencatutan daya antena. Terdapat berbagai macam teknik *feeding* pada antena mikrostrip, baik itu terhubung secara langsung maupun tidak langsung dengan *patch* antena mikrostrip. Konsep mengenai antena mikrostrip diusulkan pada tahun 1953 di New Mexico (Amman, 1997). Saat ini, antena mikrostrip banyak digunakan dalam komunikasi gelombang radio. Dalam perancangan suatu jaringan komunikasi gelombang radio, semakin tinggi nilai *gain* antena maka nilai *RSL (Receive Signal Level)* akan semakin tinggi. Hal ini berakibat pada jarak komunikasi yang dapat dibangun menjadi semakin jauh. Namun, apabila hanya digunakan antena mikrostrip dengan satu *patch* saja, maka nilai *gain* antena tersebut tidak terlalu besar (dibandingkan dengan antena susunan dan *parasitic*) sehingga komunikasi gelombang radio yang dibangun tidak dapat terlalu jauh.

Pada makalah ini, dirancang dan disimulasikan antena *parasitic* susunan mikrostrip 1x2 dengan *patch* persegi menggunakan *software CST STUDIO SUITE 2014* serta diperuntukkan untuk komunikasi gelombang radio pada frekuensi 2,45 GHz. Adapun penggunaan teknik antena susunan dan *parasitic* ditujukan untuk mendapatkan nilai

gain antena yang lebih tinggi dari antena mikrostrip *single patch*.

LANDASAN TEORI

Antena mikrostrip secara umum tersusun atas berbagai bagian penyusun, yaitu *patch*, *ground plane*, substrat, dan *feed*. *Patch* pada antena mikrostrip berfungsi sebagai elemen peradiasi gelombang elektromagnetik, sehingga ukuran *patch* pada antena mikrostrip sangat mempengaruhi frekuensi kerja antena tersebut. *Patch* memiliki berbagai macam bentuk, seperti persegi, lingkaran, segitiga, dan lain sebagainya. Sedangkan, *ground plane* pada antena mikrostrip berfungsi sebagai pemantul (*reflector*) yang mempengaruhi bentuk pola radiasinya. Pola radiasi antena mikrostrip yang dimaksud adalah *unidirectional*, artinya antena mikrostrip hanya memfokuskan pancarannya atau penerimaan gelombang elektromagnetik pada satu arah cakupan saja. Baik *ground plane* maupun *patch* terletak pada suatu substrat yang berupa bahan dielektrik dengan nilai konstanta dielektrik (permitivitas relatif) tertentu. Pemilihan jenis substrat pada antena mikrostrip mempengaruhi *bandwidth* antena tersebut. Gambar 1 berikut menunjukkan struktur antena mikrostrip dengan *patch* persegi.



Gambar 1. Struktur antena mikrostrip (Sumber : Huang, Yi dan Kevin Boyle. 2008. *Antennas : from theory to practice*. United Kingdom : John Wiley & Sons Ltd.)

Agar antena dapat bekerja pada frekuensi yang diinginkan, maka secara teori *patch* persegi antena mikrostrip memiliki ukuran panjang dan lebar tertentu (Huang, 2008 & Balanis, 1997). Adapun panjang *patch* persegi (*L*) tersebut dirumuskan sebagai

$$L = L_{eff} - 2\Delta L \quad (1)$$

dengan nilai panjang *patch* efektif (L_{eff})

$$L_{eff} = \frac{1}{2f_r \sqrt{\epsilon_{reff}} \sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \quad (2)$$

dimana f_r adalah frekuensi resonansi, ϵ_0 dan μ_0 merupakan permitivitas dan permeabilitas pada ruang hampa yang bernilai

$$\epsilon_0 = \frac{1}{36\pi} \times 10^{-9} \text{ F/m} \quad (3)$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m} \quad (4)$$

serta ϵ_{reff} adalah permitivitas relatif efektif yang bernilai

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2\sqrt{1 + 12d/W}} \quad (5)$$

dengan d adalah tebal substrat, dan W adalah lebar *patch* persegi antenna mikrostrip yang dirumuskan sebagai

$$W = \frac{1}{2f_r \sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (6)$$

Disisi lain, secara elektrik ukuran *patch* antenna mikrostrip akan terlihat lebih besar jika dibandingkan dengan ukuran fisiknya. Hal ini disebabkan oleh adanya *fringing effects*. Adapun besarnya penambahan panjang L dirumuskan dengan

$$\Delta L = \frac{0,412d(\epsilon_{\text{reff}} + 0,3)\left(\frac{W}{d} + 0,264\right)}{(\epsilon_{\text{reff}} - 0,258)\left(\frac{W}{d} + 0,8\right)} \quad (7)$$

Feedline antenna mikrostrip dapat berupa suatu *microstrip line* pada substrat yang sama (dengan besar impedansi tertentu sebagai impedansi output antenna, Z_0) dan *transformer* $\frac{1}{4}\lambda$ (*quarter-wavelength transformer*). *Microstrip line* pada makalah ini dirancang sedemikian rupa sehingga memiliki impedansi 50Ω . Adapun *transformer* $\frac{1}{4}\lambda$ harus memiliki nilai impedansi tertentu yang dapat digunakan sebagai penghubung antara *patch* (dengan besar impedansi tertentu) dan *microstrip line* dengan besar impedansi 50Ω secara tepat. Secara teori, impedansi transisi yang harus dimiliki *transformer* $\frac{1}{4}\lambda$ (Z_T) adalah

$$Z_T = \sqrt{Z_0 Z_a} \quad (8)$$

dengan Z_0 merupakan impedansi output antenna (impedansi *microstrip line*) dan Z_a merupakan impedansi input (dalam hal ini adalah impedansi *patch* antenna) yang dirumuskan sebagai

$$Z_a = 90 \frac{\epsilon_r^2}{\epsilon_r - 1} \left(\frac{L}{W}\right)^2 \quad (9)$$

Microstrip line dan *transformer* $\frac{1}{4}\lambda$ terbuat dari bahan konduktor (dapat berbahan sama dengan *patch* antenna). Adapun besar impedansi keduanya ditentukan oleh lebar *line* masing –

masing dengan hubungan sebagai berikut (Khraiat, 2012 & Alsager)

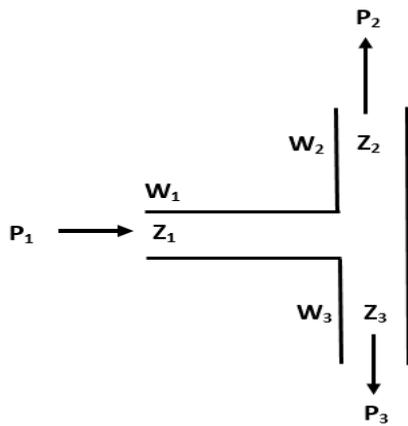
$$W_f = \frac{2d}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left(\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right) \right\} \quad (10)$$

dengan A dan B

$$A = \frac{Z_0}{60} \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(0,23 + \frac{0,11}{\epsilon_r} \right) \quad (11)$$

$$B = \frac{377\pi}{2Z_0\sqrt{\epsilon_r}} \quad (12)$$

Setelah antenna mikrostrip dengan *patch* tunggal selesai dirancang, maka tahap selanjutnya adalah merancang antenna susunan mikrostrip dari antenna mikrostrip tersebut. Setiap antenna mikrostrip penyusun pada antenna susunan mikrostrip akan dihubungkan melalui suatu *feed network*. *Patch – patch* akan dipisahkan dengan jarak tertentu agar didapatkan hasil yang optimal (pada makalah ini kedua *patch* dipisahkan sejauh $\frac{1}{4}\lambda$). Antenna mikrostrip dengan *patch* tunggal yang dirancang memiliki impedansi *output* sebesar 50Ω . Adapun pada makalah ini antenna susunan mikrostrip juga dirancang sedemikian rupa sehingga memiliki impedansi *output* 50Ω . Oleh karena itu, diperlukan suatu *feed network* yang dapat menghubungkan antenna – antenna penyusun secara tepat sehingga dihasilkan impedansi *output* antenna susunan sebesar 50Ω . Besar impedansi pada masing – masing *transmission line* penyusun *feed network* cenderung hanya ditentukan oleh lebar masing – masing *transmission line* saja, sedangkan panjang masing – masing *transmission line* penyusun *feed network* tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai impedansi, melainkan cenderung hanya mempengaruhi fasa sinyal elektrik pada masing – masing *transmission line* tersebut. Adapun *feed network* menggunakan *junction* tertentu dalam menghubungkan *transmission line* penyusunnya. Salah satu *junction* yang sering digunakan adalah *Standart T-junction power divider* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 berikut



Gambar 2. Standart T-junction power divider dengan

$$Z_1 = \frac{Z_2 \times Z_3}{Z_2 + Z_3} \quad (13)$$

$$P_2 = \left(\frac{Z_1}{Z_2}\right) P_1 \quad (14)$$

$$P_3 = \left(\frac{Z_1}{Z_3}\right) P_1 \quad (15)$$

Selain itu, pada perancangan *feed network* untuk antenna susunan mikrostrip terkadang dibutuhkan juga suatu *microstrip transmission line* yang berfungsi sebagai transformer impedansi (sebagai *line transisi*) bagi *microstrip transmission line* yang terkait.

Pada makalah ini, akan dirancang dan disimulasikan juga antenna susunan mikrostrip yang disusun secara *parasitic*. Pada dasarnya, terdapat tiga bagian utama pada antenna yang disusun secara *parasitic*, yaitu *reflector*, *driven*, dan satu atau lebih *director*. Elemen *director* memiliki ukuran yang berbeda, semakin jauh elemen *director* tersebut dipasang terhadap *driven*, maka ukurannya akan semakin kecil. Penggunaan teknik antenna susunan (*array*) dan *parasitic* akan meningkatkan *gain* antenna tersebut.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Perumusan masalah beserta solusi yang ditawarkan
- 2) Studi literatur
- 3) Penentuan spesifikasi dan pemilihan bahan antenna

Tabel 1 berikut menunjukkan spesifikasi antenna yang dirancang.

Tabel 1. Spesifikasi antenna

Frekuensi Tengah (f_r)	VSWR	Return Loss	Bandwidth
2,45 GHz	$\leq 1,5$	$\leq -13,98$ dB	≥ 40 MHz
Impedansi Antena	Gain	Polarisasi	Pola Radiasi
50 Ω	≥ 8 dBi	Linear	Uni-directional

Adapun patch, ground plane, *feedline* antenna mikrostrip tunggal dan *feed network* antenna susunan mikrostrip berbahan tembaga dengan ketebalan (hc) 0,035 mm. Sedangkan, substrat yang digunakan pada perancangan antenna berbahan FR-4 dengan nilai $\epsilon_r = 4,3$ dan ketebalan (d) sebesar 1,6 mm, serta *loss tangent* 0,025.

- 4) Perancangan dan simulasi serta optimasi antenna mikrostrip dengan patch tunggal Berdasarkan landasan teori yang telah dipaparkan pada sub-bab sebelumnya, maka secara teori perhitungan ukuran antenna mikrostrip tunggal dengan patch persegi adalah sebagai berikut.

- a) Lebar patch persegi antenna mikrostrip (W)

$$W = \frac{1}{2f_r \sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}}$$

$$= \frac{1}{2,245 \cdot 10^9 \sqrt{\frac{1}{9} \cdot 10^{-16}}} \sqrt{\frac{2}{4,3 + 1}}$$

$$= 37,61 \text{ mm}$$

- b) Panjang patch persegi antenna mikrostrip (L)

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

dengan

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

$$= \frac{4,3 + 1}{2} + \frac{4,3 - 1}{2\sqrt{1 + 12 \cdot 1,6 / 37,61}}$$

$$= 3,99$$

dan

$$L_{eff} = \frac{1}{2f_r \sqrt{\epsilon_{reff}} \sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

$$= \frac{1}{2,245 \cdot 10^9 \sqrt{3,99} \sqrt{\frac{1}{9} \cdot 10^{-16}}}$$

$$= 30,65 \text{ mm}$$

serta

$$\Delta L = \frac{0,412d(\epsilon_{reff} + 0,3)\left(\frac{W}{d} + 0,264\right)}{(\epsilon_{reff} - 0,258)\left(\frac{W}{d} + 0,8\right)}$$

$$= \frac{0,412.1,6(3,99+0,3)\left(\frac{37,61}{1,6}+0,264\right)}{(3,99-0,258)\left(\frac{37,61}{1,6}+0,8\right)}$$

$$= 0,74 \text{ mm}$$

sehingga

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

$$= 30,65 - 2.0,74$$

$$= 29,17 \text{ mm}$$

c) Panjang (L_T) dan lebar (W_T) transformer $\frac{1}{4}\lambda$

Impedansi input (*patch*) :

$$Z_a = 90 \frac{\epsilon_r^2}{\epsilon_r - 1} \left(\frac{L}{W}\right)^2$$

$$= 90 \frac{4,3^2}{4,3-1} \left(\frac{29,17}{37,61}\right)^2$$

$$= 303,34 \Omega$$

Karena diinginkan nilai $Z_0 = 50\Omega$, maka

Z_T akan bernilai

$$Z_T = \sqrt{Z_0 Z_a}$$

$$= \sqrt{50.303,34} \Omega$$

$$= 123,15 \Omega$$

Adapun dengan menggunakan persamaan (10), (11), dan (12), maka didapatkan nilai W_T sebesar 0,3 mm. Selain itu, panjang transformer $\frac{1}{4}\lambda$ didapatkan melalui perhitungan berikut

$$\epsilon_{reff}(W_T) = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2\sqrt{1 + 12d/W_T}}$$

$$= \frac{4,3 + 1}{2} + \frac{4,3 - 1}{2\sqrt{1 + 12.1,6/0,3}}$$

$$= 2,85$$

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r} \quad (16)$$

$$c = 3.10^8 \text{ m/s} \quad (17)$$

$$\frac{1}{4}\lambda = \frac{\lambda_0}{4\sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (18)$$

$$L_T = \frac{\lambda_0}{4\sqrt{\epsilon_{reff}(W_T)}} \quad (19)$$

sehingga

$$L_T = \frac{3.10^8 / 2,45.10^9}{4\sqrt{2,85}}$$

$$= 18,13 \text{ mm}$$

d) Panjang ($L_{F=50\Omega}$) dan lebar ($W_{F=50\Omega}$) microstrip line (*feed output* antenna)

Sama halnya seperti menghitung nilai W_T (pada poin sebelumnya), dengan menggunakan persamaan (10), (11), dan (12), maka didapatkan nilai $W_{F=50\Omega}$ sebesar 2,29 mm. Selain itu, nilai $L_{F=50\Omega}$ didapatkan melalui perhitungan berikut

$$\epsilon_{reff}(W_{F=50\Omega}) = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2\sqrt{1 + 12d/W_{F=50\Omega}}}$$

$$= \frac{4,3+1}{2} + \frac{4,3-1}{2\sqrt{1+12.1,6/2,29}}$$

$$= 3,19$$

sehingga

$$L_{F=50\Omega} = \frac{\lambda_0}{4\sqrt{\epsilon_{reff}(W_{F=50\Omega})}}$$

$$= \frac{3.10^8 / 2,45.10^9}{4\sqrt{3,19}}$$

$$= 17,14 \text{ mm}$$

e) Ukuran *ground plane*

Pada dasarnya, ukuran ideal *ground plane* antenna mikrostrip memiliki luas dan tebal tak terhingga. Namun, kondisi tersebut tentu mustahil untuk dicapai. Oleh karena itu, terdapat dimensi minimum *ground plane*, yaitu

$$\text{Lebar Ground Plane} \geq 6d + W \quad (20)$$

$$\text{Panjang Ground Plane} \geq 6d + L \quad (21)$$

Adapun pada makalah ini, *ground plane* antenna dibuat persegi dengan panjang sisi (S) sebagai berikut

$$S = 2\left(\frac{L}{2}\right) + L_T + L_{F=50\Omega} \quad (22)$$

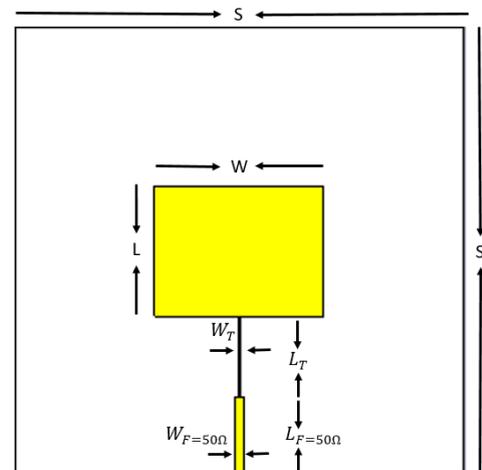
atau

$$S = 2\left(\left(\frac{29,17}{2}\right) + 18,13 + 17,14\right)$$

$$= 99,71 \text{ mm}$$

Ukuran sisi *ground plane* (S) tersebut memenuhi persamaan (20) dan (21). ukuran sisi *ground plane* juga digunakan sebagai ukuran substrat (ukuran *ground plane* sama dengan ukuran substrat).

Selain itu, perancangan antenna mikrostrip tunggal dengan *patch* persegi ditunjukkan oleh Gambar 3 berikut.



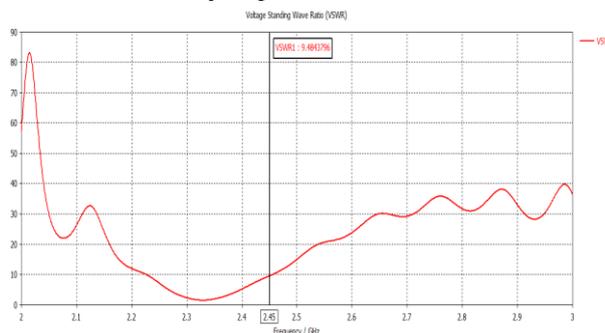
Gambar 3. Rancangan antenna mikrostrip

Hasil simulasi rancangan awal antenna mikrostrip dengan *patch* tunggal belum mencapai hasil yang optimal. Adapun hasil simulasi rancangan awal antenna mikrostrip tersebut ditunjukkan oleh Tabel 2 berikut.

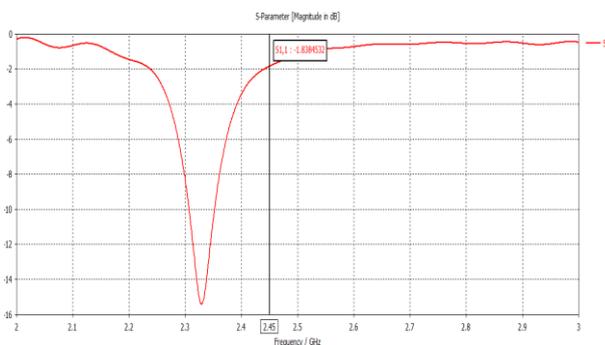
Tabel 2. Hasil simulasi rancangan awal antenna mikrostrip *patch* tunggal

VSWR	Return Loss	Gain	Direktivitas
9,48	-1,84 dB	-1,02 dBi	7,21 dBi
Impedansi Antena	Bandwidth	Polarisasi	Pola Radiasi
62,95 Ω	-	Linear	Uni-directional

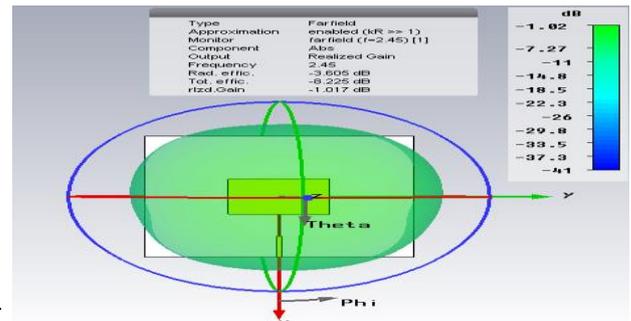
Adapun Gambar 4, Gambar 5, dan Gambar 6 masing – masing menunjukkan grafik VSWR, *return loss*, dan *gain* untuk antenna dengan *patch* tunggal sebelum dilakukannya optimasi antenna.



Gambar 4. VSWR antenna mikrostrip dengan *patch* tunggal (sebelum optimasi)



Gambar 5. Return Loss antenna mikrostrip dengan *patch* tunggal (sebelum optimasi)



Gambar 6. Gain antenna mikrostrip dengan *patch* tunggal (sebelum optimasi)

Dikarenakan hasil simulasi rancangan awal antenna mikrostrip masih belum optimal, maka perlu dilakukan optimasi pada antenna tersebut. Adapun ukuran antenna mikrostrip setelah dioptimasi ditunjukkan oleh Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Ukuran antenna mikrostrip setelah dioptimasi (dalam mm)

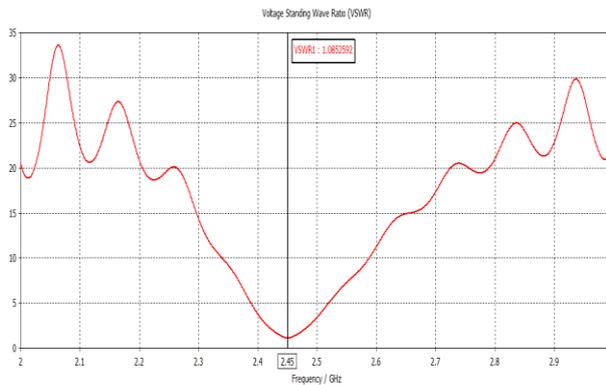
d	hc	S	L	W
1,6	0,035	80,9	27,5	31,91
$L_F=50\Omega$	$W_F=50\Omega$	L_T	W_T	
7,735	3,3	18,965	0,3	

Hasil optimasi antenna mikrostrip dengan *patch* tunggal telah mencapai hasil yang optimal. Adapun hasil simulasi antenna mikrostrip yang telah dioptimasi tersebut ditunjukkan oleh Tabel 4 berikut.

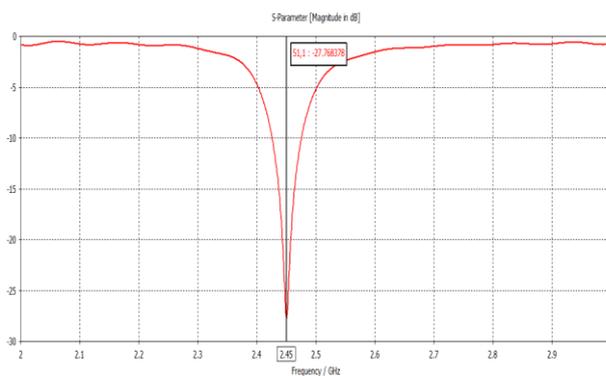
Tabel 4. Hasil simulasi antenna mikrostrip dengan *patch* tunggal setelah dioptimasi

VSWR	Return Loss	Gain	Direktivitas
1,09	-27,77 dB	4,03 dBi	7,02 dBi
Impedansi Antena	Bandwidth	Polarisasi	Pola Radiasi
50,93 Ω	50,8 MHz	Linear	Uni-directional

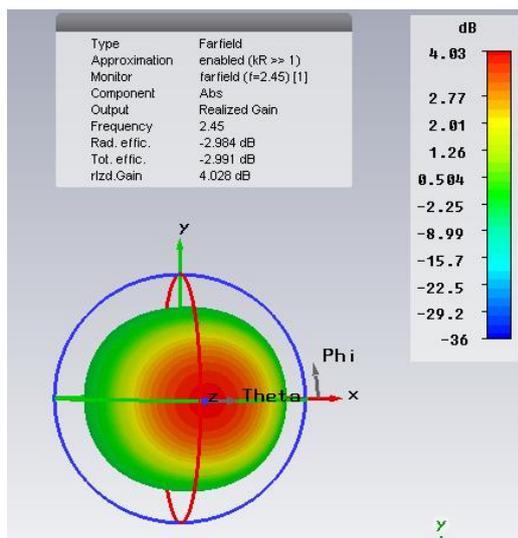
Sedangkan, Gambar 7, Gambar 8, Gambar 9, dan Gambar 10 berikut masing – masing menunjukkan VSWR, *return loss*, *gain*, dan impedansi antenna mikrostrip hasil optimasi.



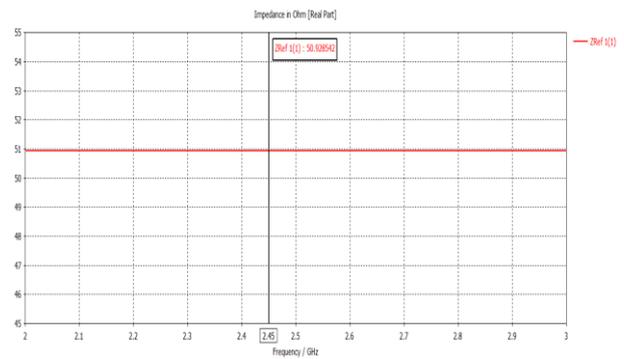
Gambar 7. VSWR antenna mikrostrip dengan patch tunggal (setelah optimasi)



Gambar 8. Return Loss antenna mikrostrip dengan patch tunggal (setelah optimasi)

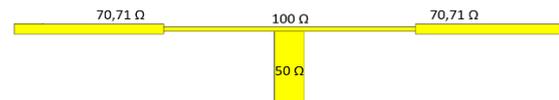


Gambar 9. Gain antenna mikrostrip dengan patch tunggal (setelah optimasi)



Gambar 10. Impedansi antenna mikrostrip dengan patch tunggal (setelah optimasi)

- 5) Perancangan dan simulasi serta optimasi antenna mikrostrip susunan 1x2
 Pada makalah ini, antenna susunan mikrostrip tersusun atas dua buah antenna mikrostrip dengan patch persegi yang telah dioptimasi dan masing - masing dipisahkan dengan jarak $\frac{1}{2}\lambda$. Adapun kedua antenna penyusun tersebut akan dihubungkan melalui suatu *feed network* seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 11. Antenna susunan ini dirancang agar dapat meningkatkan gain antenna.

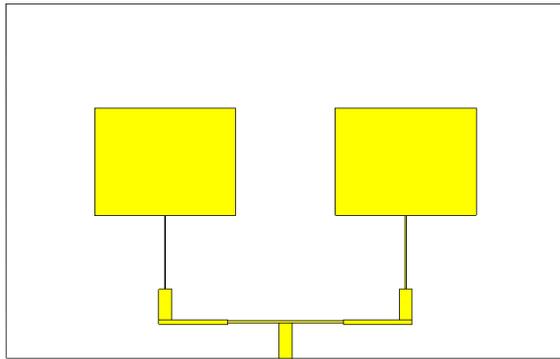


Gambar 11. Feed network antenna susunan mikrostrip

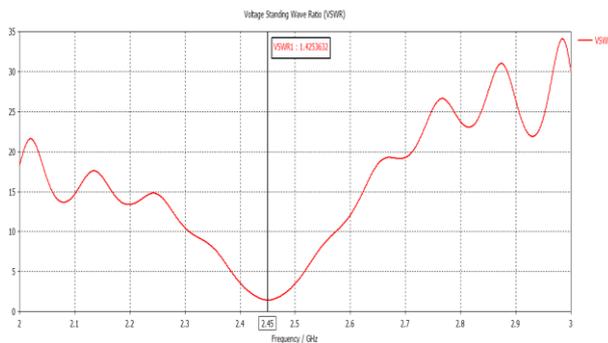
Adapun Tabel 5, Gambar 12, Gambar 13, Gambar 14, Gambar 15, dan Gambar 16 berikut masing – masing menunjukkan hasil simulasi antenna susunan mikrostrip, struktur perancangan antenna susunan mikrostrip, grafik VSWR, *return loss*, *gain*, dan impedansi antenna susunan mikrostrip.

Tabel 5. Hasil simulasi antenna susunan mikrostrip 1x2 dengan patch persegi

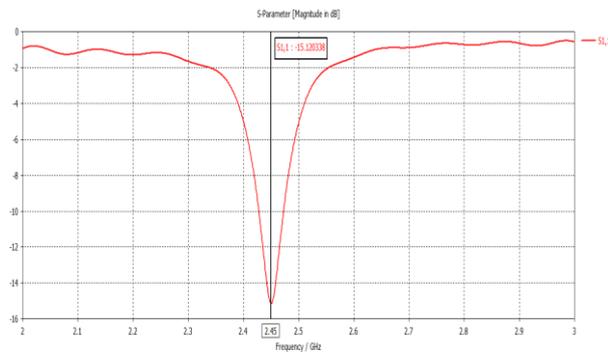
VSWR	Return Loss	Gain	Direktivitas
1,43	-15,12 dB	6,12 dBi	8,76 dBi
Impedansi Antena	Bandwidth	Polarisasi	Pola Radiasi
49,81 Ω	44 MHz	Linear	Uni-directional



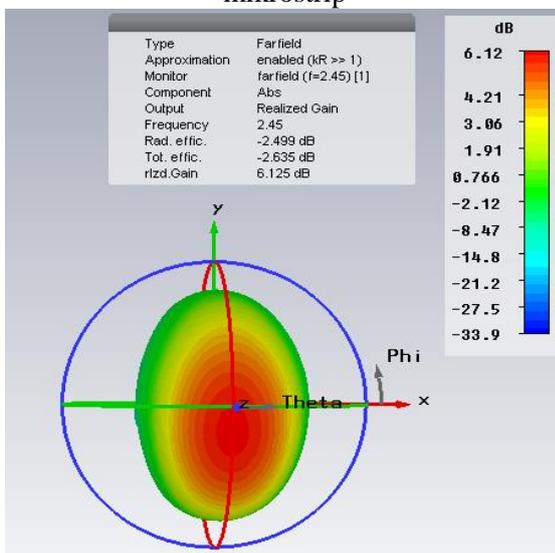
Gambar 12. Antena susunan mikrostrip



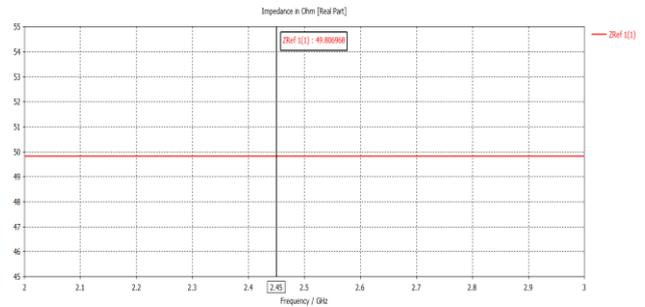
Gambar 13. VSWR antena susunan mikrostrip



Gambar 14. Return Loss antena susunan mikrostrip



Gambar 15. Gain antena susunan mikrostrip



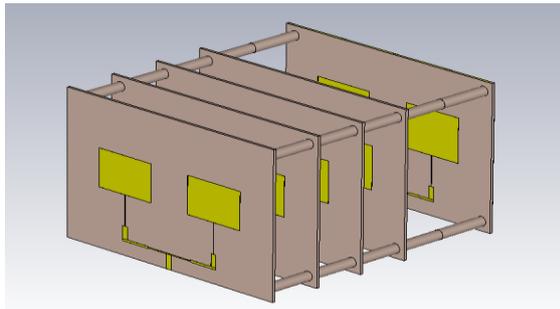
Gambar 16. Impedansi antena susunan mikrostrip

Pada gambar 15, terlihat bahwa dengan menggunakan prinsip antena susunan maka gain dari suatu antena dapat menjadi lebih besar. Selain itu, ukuran panjang *ground plane* dan substrat pada antena susunan mikrostrip ini adalah sebesar 142,125 mm serta lebarnya adalah sebesar 99,71 mm.

6) Perancangan dan simulasi serta optimasi antena mikrostrip susunan 1x2 yang disusun secara *parasitic*.

Antena yang disusun secara *parasitic* dirancang memiliki lima elemen, yaitu satu elemen *driven* dan empat elemen *director*. Pencatuan antena hanya dilakukan pada elemen *driven*. Elemen *driven* pada antena merupakan antena susunan mikrostrip 1x2 dengan *patch* persegi. Adapun keempat elemen *director* memiliki rancangan yang hampir sama dengan antena susunan mikrostrip 1x2, hanya saja lebar (W) kedua *patch* pada masing – masing elemen *director* akan berkurang (*decrement*) 1 mm secara berkala dan tidak ada reflektor pada elemen *director* (hanya ada substrat dan *patch*, serta *feed network*). Masing – masing elemen dipisahkan oleh udara (*air gap*). Elemen *driven* dan *director* pertama dipisahkan sejauh $\frac{1}{4}\lambda$. Sedangkan, antar elemen *director* dipisahkan sejauh $\frac{1}{2}\lambda$. Gambar 17 berikut menunjukkan perancangan antena susunan mikrostrip 1x2 dengan *patch* persegi yang disusun secara *parasitic* sejumlah lima elemen (*multi layer*) Penggunaan prinsip antena *parasitic* ini

akan meningkatkan nilai *gain* pada antenna tersebut.

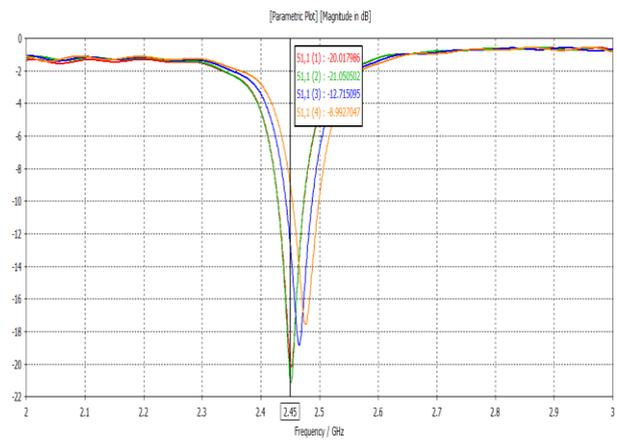


Gambar 17. Antena *parasitic*

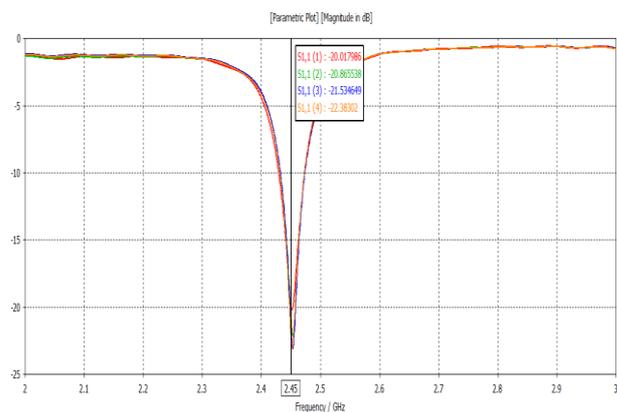
- 7) Analisis data hasil simulasi
- 8) Penarikan kesimpulan

HASIL DAN PEMBAHASAN

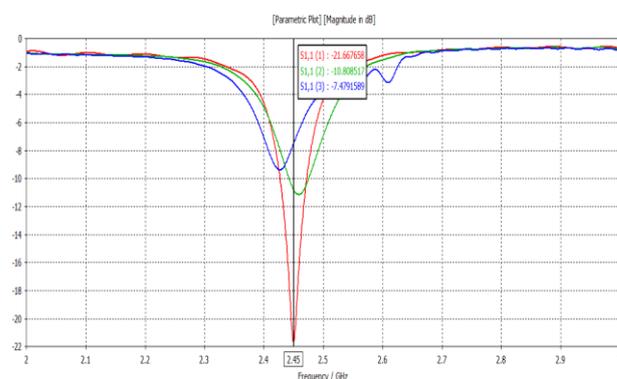
Pada makalah ini, performansi antenna dianalisis pada parameter *VSWR*, *return loss*, *bandwidth*, *gain*, direktivitas, dan pola radiasi antenna. Parameter – parameter tersebut dianalisis untuk kemudian ditarik kesimpulan mengenai performansi antenna yang dirancang dan disimulasikan. Adapun pada makalah ini, antenna dirancang dan disimulasikan serta dioptimasi dengan menggunakan *software* CST STUDIO SUITE 2014. Adapun antenna *parasitic* yang telah disimulasikan memiliki nilai *return loss* sebesar -21,05 dB. Untuk hasil yang dapat dianalisis secara komparatif, penulis mensimulasikan berbagai kondisi untuk nilai *decrement* untuk besaran panjang dan lebar *patch* pada masing – masing elemen *director* (Gambar 18 dan 19), jarak antara *driven* dan *director* pertama (Gambar 20), serta jarak antar elemen *director* (Gambar 21). Hasil simulasi yang dipilih merupakan hasil simulasi yang paling optimal dan sesuai dengan spesifikasi rancangan antenna yang telah dipaparkan pada sub-bab sebelumnya.



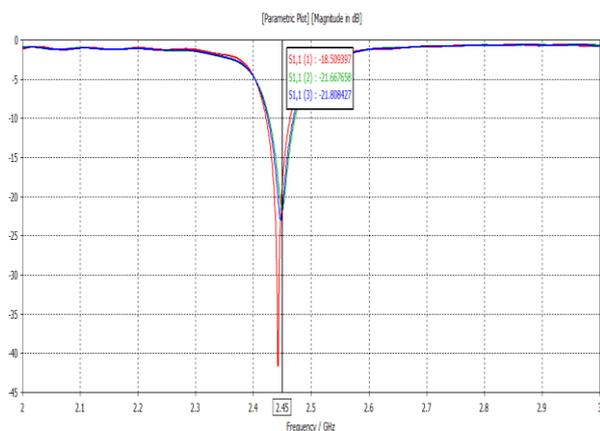
Gambar 18. *Return Loss* untuk nilai *decrement* 0 mm (poin 1), 1 mm (poin 2), 2 mm (poin 3), dan 3 mm (poin 4) pada besaran panjang *patch* elemen *director*



Gambar 19. *Return Loss* untuk nilai *decrement* 0 mm (poin 1), 1 mm (poin 2), 2 mm (poin 3), dan 3 mm (poin 4) pada besaran lebar *patch* elemen *director*

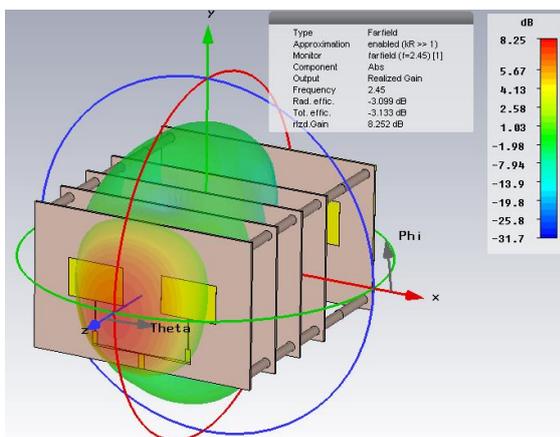


Gambar 20. *Return Loss* untuk nilai jarak $\frac{1}{2}\lambda$ (poin 1), $\frac{1}{4}\lambda$ (poin 2), dan $\frac{1}{8}\lambda$ (poin 3) antara elemen *driven* dan elemen *director* pertama (dengan jarak antar elemen *director* sebesar $\frac{1}{4}\lambda$)



Gambar 21. Return Loss untuk nilai jarak $\frac{1}{2}\lambda$ (poin 1), $\frac{1}{4}\lambda$ (poin 2), dan $\frac{1}{8}\lambda$ (poin 3) antar elemen *director* (dengan jarak antara elemen *driven* dengan elemen *director* pertama sebesar $\frac{1}{2}\lambda$)

Gambar 22 berikut menunjukkan gain dan pola radiasi antenna susunan mikrostrip 1x2 yang disusun secara *parasitic* sejumlah lima elemen.



Gambar 22. Gain beserta pola radiasi antenna susunan mikrostrip 1x2 dengan *patch* persegi yang disusun secara *parasitic*

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan, maka hasil optimal tercapai ketika panjang kedua *patch* pada setiap elemen *director* berkurang sebesar 1 mm secara berkala (*decrement* 1 mm), sedangkan lebar kedua *patch*-nya tetap. Adapun jarak antara elemen *driven* dan elemen *director* pertama adalah $\frac{1}{2}\lambda$ serta jarak antar elemen *director* adalah $\frac{1}{4}\lambda$ (hal ini

dikarenakan pada jarak tersebut antenna *parasitic* memiliki nilai gain, *return loss* beserta parameter lainnya secara optimal). Selain itu, antar elemen dihubungkan dengan suatu *spacer* yang terbuat dari bahan silikon. Secara keseluruhan, spesifikasi hasil simulasi antenna susunan mikrostrip dengan *patch* persegi berukuran 1x2 yang disusun secara *parasitic* ditunjukkan oleh tabel 6 berikut. Terlihat bahwa spesifikasi dari hasil simulasi antenna tersebut sesuai dengan spesifikasi pada rancangan awal.

Tabel 6. Hasil simulasi antenna susunan mikrostrip 1x2 dengan *patch* persegi yang disusun secara *parasitic*

VSWR	Return Loss	Gain	Direktivitas
1,19	-21,05 dB	8,25 dBi	11,4 dBi
Impedansi Antena	Bandwidth	Polarisasi	Pola Radiasi
49,8 Ω	45,1 MHz	Linear	Uni-directional

SIMPULAN DAN SARAN

Hasil simulasi antenna susunan mikrostrip dengan *patch* persegi berukuran 1x2 yang disusun secara *parasitic* menggunakan CST STUDIO SUITE 2014 memiliki nilai VSWR 1,19, *return loss* -21,05 dB, *gain* 8,25 dBi, *direktivitas* 11,4 dBi, impedansi sebesar 49,8 Ω , polarisasi linear, *bandwidth* 45,1 MHz, dan pola radiasi *unidirectional*. Adapun berdasarkan hasil simulasi tersebut, terlihat bahwa penggunaan teknik antenna susunan dan *parasitic* dapat meningkatkan gain antenna. Antenna mikrostrip tunggal dengan *patch* persegi yang telah dioptimasi hanya memiliki *gain* sebesar 4,03 dBi. Setelah antenna tersebut dibuat menjadi suatu antenna susunan berukuran 1x2, *gain* antenna menjadi 6,12 dBi. Kemudian, setelah antenna susunan tersebut disusun secara *parasitic*, *gain* antenna menjadi 8,25 dBi. Pertambahan nilai *gain* antenna tersebut tentu dapat meningkatkan nilai RSL (*Receive Signal Level*) pada suatu *link* komunikasi radio 2,45 GHz yang dibangun. Akibatnya, jarak komunikasi radio yang dibangun tersebut dapat semakin jauh.

Adapun *gain* pada antenna ini dapat diperbesar lagi dengan cara menambah jumlah antenna penyusun pada antenna susunannya dan menambah jumlah elemen *director*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada panitia Seminar Nasional Sains dan Teknologi (SEMNASTEK) Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta tahun 2018 yang telah memfasilitasi penulis dan para peneliti yang terlibat untuk dapat mempublikasikan hasil penelitiannya. Selain itu, penulis juga ingin mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alsager, Ahmed Fatthi. *Design and Analysis of Microstrip Patch Antenna Arrays*. Thesis di University of College of Boras.
- Aprizal dan A. Manda. 2017. *Microstrip Biquad Patch Antenna for WLAN*. No. 1, pp. 72–75.
- Balanis, C.A. 1997. *Antenna Theory*. 2nd ED. John Wiley & Sons, Inc.
- Huang, Yi dan Kevin Boyle. 2008. *Antennas : from theory to practice*. United Kingdom : John Wiley & Sons Ltd.
- Huque. Md. Tanvir Ishtaique-ul. 2011. *Design and Performance Analysis of Microstrip Array Antennas with Optimum Parameters for X-Band Applications*. Rajshasi University Engineering and Technology.
- Khraisat, Yahya S. H. Januari 2012. *Design of 4 elements rectangular microstrip patch antenna with high gain for 2.4 GHz applications*. Modern Applied Science, Vol. 6, No.1.
- M. Amman. November/Desember 1997. *Design of Regtangular Microstrip Patch Antennas for the 2,4 GHz Band*. Applied Microwave & Wireless, PP.24-34.