

ANALISIS PENGARUH JENIS SUBSTRAT TERHADAP KARAKTERISTIK ANTENA MIKROSTRIP PERSEGI PANJANG DENGAN FREKUENSI KERJA 2,4 GHZ

Delva Zuletmei¹, Delsina Faiza², Khairi Budayawan²
 Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika
 Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang
 e-mail: delvazuletmei@gmail.com

Abstract

This research motivated by the influence kind of substrate to the dimensions of the antenna, gain and impedance, to get the design of antenna with the characteristic consistent with the standards and need of the designer takes the right material. This research to prove the effect of microstrip substrate. The substrate according to the design (features) and desirable for a rectangular microstrip antenna 2,4 GHz. Method used is analisis from the result of the simulation using CST studio suite, the process follow some steps: (1) study literature (2) determining the types antenna (3) determining the specifications of the microstrip antenna (2,4 GHz frequenz of resonance, return loss <-9,54 dB direction) (5) calculating the dimation of the antenna based on the theory (4) simulation using CST studio suite (5) analyzing the result of simulation. From the research can be concluded that there is a value ϵ_r of the gain the rectangular microstrip antenna where the larger value ϵ_r and the gain will be smaller. There is an influence in the value ϵ_r foward the bandwidth to the square antenna microstrip. Which is the more larger the value ϵ_r bandwidth make the value smaller. There is an influence in the value ϵ_r foward beamwidth to the square antenna microstrip, which is the more larger that value of ϵ_r , beamwidth will be larger. To design the antenna with high value more than 90° 5dB that is use for the value of ϵ_r between 1-3. To design the antenna with the beamwidth that value more than 0,03 GHz that use for the material with value of ϵ_r between 1-3.

Keywords :kinds of substrate, gain, banwidth, beamwidth, antenna microstrip, CST studio suite

A. PENDAHULUAN

Telekomunikasi adalah salah satu bidang yang memegang peranan penting di abad ini. Seiring dengan perkembangan aktifitas manusia yang semakin *mobile* maka dituntut pula suatu pola komunikasi yang mudah dan bisa dilakukan dimana saja.

Antena merupakan sebuah bagian yang menjadi ciri khas dari sistem komunikasi radio. Berbagai jenis antena telah banyak diciptakan dan dikembangkan. Untuk dapat mendukung teknologi *wireless Local Area Networks* (WLAN), antena harus compatible, kecil, dan mampu bekerja pada pita frekuensi lebar (broadband).

Menurut Mudrik (2011: 4) "sebuah antena didefinisikan sebagai piranti yang dipergunakan untuk mengubah gelombang tertuntun di pemancar menjadi gelombang ruang bebas.

Menurut Pramudi(2008: 123) "antena dapat juga didefinisikan sebagai sebuah atau sekelompok konduktor yang digunakan untuk memancarkan atau meneruskan gelombang elektromagnetik menuju ruang bebas atau menangkap gelombang elektromagnetik dari ruang bebas".

Antena mikrostrip merupakan salah satu jenis antena yang pengembangannya dimulai sejak tahun 1970-an dan hingga kini masih menjadi jenis antena yang terus dikembangkan. Antena mikrostrip terdiri atas patch, substrat, dan ground.

Syarat dari antena yang baik itu dapat memancarkan dan menerima energi gelombang radio dengan arah yang sesuai dengan aplikasi yang dibutuhkan. Antena harus mampu mengkonsentrasikan energi pada suatu arah yang diinginkan. Karakteristik antena menentukan apakah antena dapat memancarkan dan menerima energi gelombang radio dengan

¹ Mahasiswa Prodi Pendidikan Teknik Elektronika FT-UNP

² Dosen Jurusan Teknik Elektronika FT-UNP

arah sesuai dengan aplikasi yang dibutuhkan perancang.

Menurut Ahmad (2013: 1) "pola radiasi (radiation pattern) suatu antena adalah pernyataan grafis yang menggambarkan sifat radiasi suatu antena pada medan jauh sebagai fungsi arah.

First Null Beamwidth merupakan besar sudut bidang diantara dua arah pada *main lobe* yang intensitas radiasinya nol. Berdasarkan teori Balanis (1997: 62) nilai $FNBW/2 \sim HPBW$, *Half Power Beamwidth* merupakan daerah sudut yang dibatasi oleh titik $\frac{1}{2}$ daya dari medan maksimum pada *main lobe*. *Lobe* diambil dari titik kurva yang memotong sumbu $-3dB$. Sesuai dengan pendapat Zennaro (2004: 68) yaitu jika $HPBW$ dinyatakan dalam $-3dB$. Karena $3dB$ adalah $\frac{1}{2}$ daya dari medan maksimum pada *lobe* utama.

Menurut Garg (2001:265) langkah pertama yang harus dilakukan untuk mendesain antena mikrostrip adalah memilih jenis *substrat* yang sesuai ketebalannya. Tebal *substrat*, selain memberi penguatan secara mekanis juga akan meningkatkan kekuatan pemancaran, mengurangi *loss konduktor*, dan meningkatkan impedansi *bandwidth*. Tetapi juga akan memperluas lebar *patch*, *dielectric loss*, kerugian permukaan gelombang, dan radiasi asing dari *probe feed*.

Substrat pada antena mikrostrip adalah bahan dasar yang terletak diantara *patch* dan *ground*. Menurut M.Fuad (2013:03) jenis *substrat* yang dipilih akan mempengaruhi panjang dan lebar mikrostrip, besar kecilnya *gain*, dan nilai impedansi. Menurut Garg (2001:288) tebal *substrat* pada antena mikrostrip mempengaruhi *bandwidth*, *directivity*, *resonant resistance*, *radiation efficiency*.

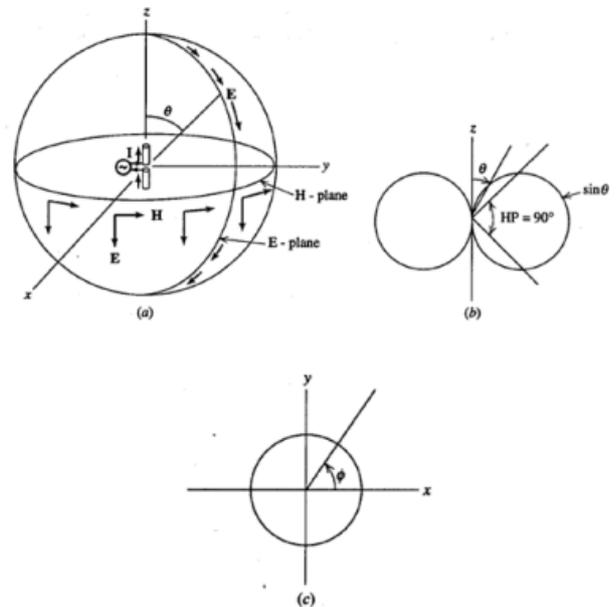
Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk membuktikan adanya pengaruh jenis substrat pada antena mikrostrip persegi panjang terhadap karakteristik antena dengan frekuensi kerja 2,4 GHz. Karakteristik antena yang akan dilihat yaitu bentuk pola radiasi, besar gain, lebar beamwidth dan bandwidth.

B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini tergolong penelitian deskriptif, Variabel *independen* (variabel bebas) dalam penelitian ini yaitu jenis *substrat* pada antena. Variabel *dependen* (variabel terikat) pada penelitian ini yaitu karakteristik antena.

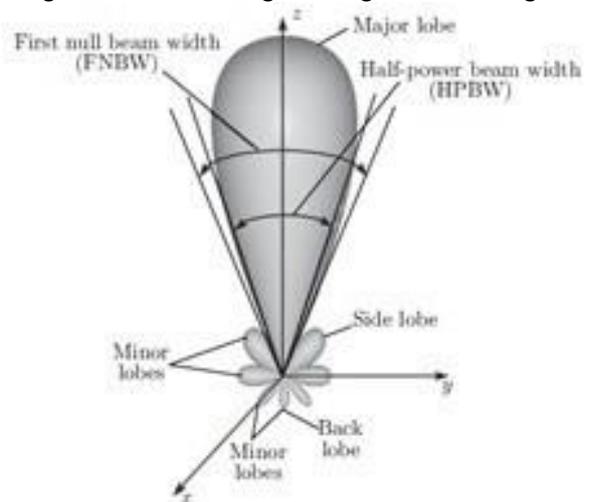
Penelitian ini dilakukan dengan mensimulasikan rancangan antena mikrostrip persegi panjang dengan frekuensi kerja 2,4 GHz menggunakan *software CST studio suite 2010*. Karakteristik antena yang akan dilihat

pengaruhnya adalah pola radiasi, *gain*, *bandwidth*, dan *beamwidth*.

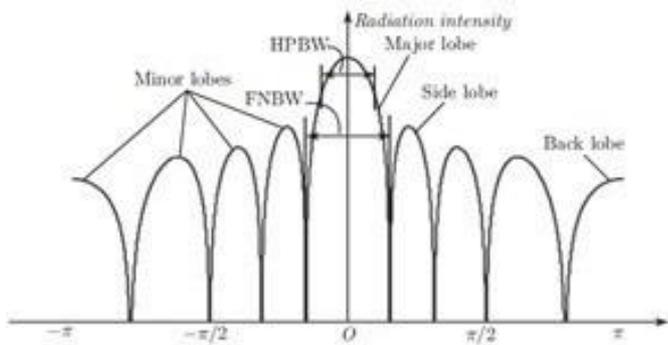


Gambar 1. Radiasi dari antena *dipole* yang ideal. Sumber: Stutzman dan Thiele (1998: 25)

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa bagian (a) merupakan *Field component*, bagian (b) merupakan pola radiasi bidang-*E* yang menggambarkan $|E_{\theta}|$ atau $|H_{\phi}|$. Bagian (c) merupakan pola radiasi bidang-*H* yang menggambarkan $|E_{\phi}|$ atau $|H_{\theta}|$. Bidang yang memuat sumbu-*z* mempunyai pola radiasi yang sama karena tidak ada variasi sudut θ . Pola ini disebut pola radiasi bidang-*E*, karena mengandung garis listrik. Bidang pada bagian yang tegak lurus terhadap bidang-*E* dan memotong bagian bidang *xy* disebut pola radiasi bidang-*H*, karena mengandung medan magnet H_{ϕ} .



Gambar 2. Pola radiasi antena dalam 3 dimensi. Sumber: Fang (2010:14)



Gambar 3. Pola radiasi antenna dalam 2 dimensi
Sumber: Fang (2010:14)

Menurut Stutzman dan Thiele (1998: 8) “pola radiasi memberikan variasi sudut radiasi pada suatu jarak dari sebuah antenna saat antenna mentransmisikan energi”. Radiasi dihitung dengan mencatat nilai dari *power density* atau kepadatan daya (S) pada jarak (r) dari antenna. Saat menerima energi, antenna merespon pada gelombang yang datang dari suatu arah sesuai nilai pola pada arah itu.

Berdasarkan Gambar 2 dan Gambar 3 dapat dilihat bahwa pola radiasi antenna terdiri dari beberapa bagian, yaitu:

a. *Major lobe*

Fang (2010: 15) mengatakan bahwa “*Major lobe (main lobe)* didefinisikan sebagai radiasi *lobe* yang berisi arah radiasi maksimum”. Bagian *major lobe* merupakan daerah pancaran terbesar sehingga dapat menentukan arah radiasi dari antenna dan memiliki daya yang besar. *Major lobe* mengarah pada posisi $\theta = 0$.

b. *Side lobe*

Menurut Fang (2010: 15) “bagian *side lobe* adalah radiasi *lobe* pada arah yang lain yang mana biasanya berdekatan dengan bagian *major lobe*. *Side lobe* terdiri dari beberapa bagian, yaitu:

- 1) *First side lobe*, yaitu *minor lobe* yang posisinya paling dekat dengan *main lobe*.
- 2) *Second side lobe*, yaitu *minor lobe* yang posisinya setelah *first side lobe*.
- 3) *Back lobe*, yaitu *minor lobe* yang posisinya berlawanan dengan *main lobe*.

c. *Half Power Beamwidth (HPBW)*

Half Power Beamwidth merupakan daerah sudut yang dibatasi oleh titik $\frac{1}{2}$ daya

dari medan maksimum pada *main lobe*. *Lobe* diambil dari titik kurva yang memotong sumbu -3dB. Sesuai dengan pendapat Zennaro (2004: 68) yaitu jika HPBW dinyatakan dalam -3dB. Karena 3dB adalah $\frac{1}{2}$ daya dari medan maksimum pada *lobe* utama. HPBW termasuk parameter antenna yang penting karena dari nilai HPBW ini dapat menentukan besar *directivity*. Nilai HPBW dapat dinyatakan dengan rumus :

$$HPBW = |\delta_{KPBM\ seft} - \delta_{KPBM\ right}| \quad (1)$$

Dimana $\delta_{KPBM\ seft}$ adalah titik sudut sebelah kiri pada *main lobe*, dan $\delta_{KPBM\ right}$ adalah titik sudut sebelah kanan pada *main lobe*.

d. *First Null Beamwidth (FNBW)*

First Null Beamwidth merupakan besar sudut bidang diantara dua arah pada *main lobe* yang intensitas radiasinya nol. Berdasarkan teori Balanis (1997: 62) nilai $FNBW/2 \sim HPBW$, maka secara matematis nilai FNBW dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$FNBW = 2 \times HPBW \quad (2)$$

e. *Side lobe Level (SLL)*

Side Lobe Level adalah perbandingan antara *first lobe* dan *main lobe*.

f. *Front to Back Ratio (FBR)*

Front to Back Ratio adalah perbandingan antara *main lobe* terhadap *back lobe*.

Menurut Pramudi (2008:127) “pancaran gelombang radio oleh antenna semakin jauh akan semakin melemah, melemahnya pancaran itu berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya, jadi pada jarak dua kali lipat kekuatannya menjadi $(1/2)^2$ atau seperempatnya. Angka tersebut masih belum memperhitungkan melemahnya pancaran karena hambatan lingkungan dalam perjalanannya”.

Milligan (2005 : 3) mengatakan bahwa “*gain* adalah ukuran dari kemampuan antenna untuk mengarahkan radiasi daya masuk pada arah tertentu dan diukur pada intensitas puncak radiasi”.

Menurut Ahmad (2013: 4) “*gain* adalah penguatan atau kemampuan pada antenna yang berhubungan dengan *directivity* dan efisiensi antenna. *Power gain* (atau *gain* saja) didefinisikan sebagai 4π kali rasio dari intensitas pada suatu arah dengan daya yang diterima antenna”.

Persamaan tersebut dinyatakan dalam persamaan (3):

$$G(\theta, \phi) = 4n \frac{\text{intencitacradiaci}}{\text{totaldayanacukyngditerina}} = 4n \frac{U(\theta, \phi)}{P_{in}} \quad (3)$$

Definisi ini tidak termasuk *losses* yang disebabkan oleh ketidaksesuaian impedansi (*impedance missmatch*) atau polarisasi. Harga maksimum dari *gain* adalah harga maksimum dari intensitas radiasi, sehingga dapat dinyatakan kembali dalam persamaan (4) :

$$G = 4n \frac{U_N}{P_{in}} \quad (4)$$

Dimana: U_m adalah intensitas radiasi maksimum

Bandwidth suatu antena didefinisikan sebagai rentang frekuensi di mana kinerja antena yang berhubungan dengan beberapa karakteristik (seperti impedansi masukan, polarisasi, *beamwidth*, polarisasi, *gain*, efisiensi, VSWR, *return loss*) memenuhi spesifikasi standar. *Bandwidth* dapat dicari dengan rumus :

$$BW = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100\% \quad (5)$$

Dimana: f_2 = frekuensi tertinggi
 f_1 = frekuensi terendah
 f_c = frekuensi tengah

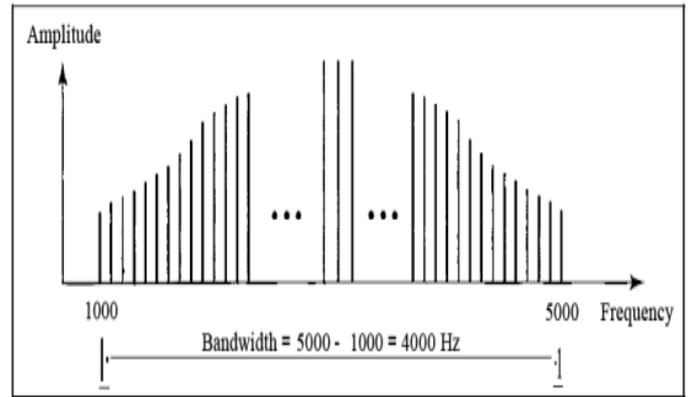
- Ada beberapa jenis *bandwidth* di antaranya
- Impedance bandwidth*, yaitu rentang frekuensi di mana *patch* antena berada pada keadaan *matching* dengan saluran pencatu. Hal ini terjadi karena impedansi dari elemen antena bervariasi nilainya tergantung dari nilai frekuensi. Nilai *matching* ini dapat dilihat dari *return loss* dan VSWR. Nilai *return loss* dan VSWR yang masih dianggap baik adalah kurang dari -9,54 dB.
 - Pattern bandwidth*, yaitu rentang frekuensi di mana *bandwidth*, *sidelobe*, atau *gain*, yang bervariasi menurut frekuensi memenuhi nilai tertentu. Nilai tersebut harus ditentukan pada awal perancangan antena agar nilai *bandwidth* dapat dicari.
 - Polarization* atau *axial ratio bandwidth* adalah rentang frekuensi di mana polarisasi (linier atau melingkar) masih terjadi. Nilai *axial ratio* untuk polarisasi melingkar adalah kurang dari 3 dB.

Menurut Mudrik (2011: 37) "*Bandwidth* sebuah antena didefinisikan sebagai *interval* frekuensi, didalamnya antena bekerja sesuai dengan yang ditetapkan oleh spesifikasi yang diberikan". Pemakaian sebuah antena dalam sistem pemancar atau penerima selalu dibatasi oleh daerah frekuensi kerjanya. Pada *range* frekuensi kerja tersebut antena dituntut harus

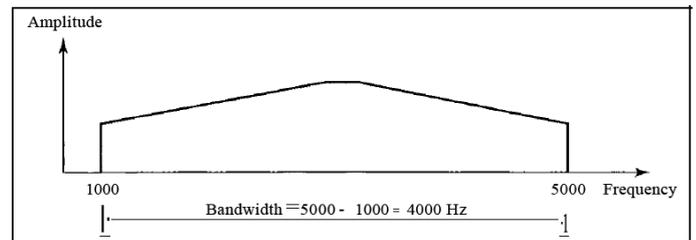
dapat bekerja dengan efektif agar dapat menerima atau memancarkan gelombang pada *band* frekuensi tertentu.

$$BW = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100\% \quad (6)$$

Menurut Forouzan (2007: 69) "*bandwidth* merupakan *range* dari dua frekuensi yang berisi sinyal komposit".



Gambar 4. *Bandwidth* dari sinyal periodik
 Sumber: Forouzan (2007: 69)



Gambar 5. *Bandwidth* dari sinyal non-periodik
 Sumber: Forouzan (2007: 69)

Langkah yang akan dilakukan dalam penelitian ini yaitu merancang antena mikrostrip persegi panjang dengan *software* CST studio suite 2011. Pada rancangan antena nilai ϵ_r akan diubah-ubah sesuai dengan jenis *substrat*. *Substrat* yang dipakai adalah material nonkonduktor yang ada disekitar dengan nilai ϵ_r terendah hingga tertinggi yang diketahui peneliti. Pada Tabel 3 bisa dilihat nilai ϵ_r beberapa material nonkonduktor yang bisa dijadikan sampling dengan simulasi menggunakan *software* CST 2011. Sedangkan data yang akan disimulasi yaitu nilai konstanta (ϵ_r) 1 sampai 10.

Setelah mengetahui nilai ϵ_r beberapa material maka akan dilanjutkan dengan perancangan antena menggunakan *software* CST 2011. Nilai ϵ_r yang akan disimulasikan adalah 1 sampai 10. Nilai panjang (W) dan lebar (L) pada antena akan berubah sesuai dengan jenis *substrat* yang digunakan. Karena nilai ϵ_r pada *substrat* mempengaruhi ukuran antena.

Setelah melakukan perancangan maka peneliti akan menganalisa karakteristik antena yang dihasilkan dari hasil perubahan nilai ϵ_r . nilai ϵ_r berapa yang bisa menghasilkan bentuk pola radiasi, *gain*, *beamwidth*, serta *bandwidth* yang sesuai seperti diinginkan perancang dan sesuai karakteristik pada teori. Sehingga peneliti mengetahui material apa yang baik digunakan untuk antena mikrostrip persegi panjang 2,4 GHz.

Langkah awal yang dilakukan sebelum simulasi yaitu menentukan parameter-parameter antena seperti nilai panjang dan lebar *patch*, panjang dan lebar *substrat*, tinggi *substrat*, tebal *substrat*, jari-jari pin, serta jarak letak titik pin. Setelah menentukan parameter, langkah selanjutnya yaitu melakukan simulasi pada antena mikrostrip persegi panjang yang sudah dirancang. Jika hasil simulasi sudah sesuai dengan yang diinginkan maka simulasi sudah bisa dilanjutkan sampai selesai, jika hasil simulasi tidak sesuai dengan yang diinginkan maka parameter-parameter harus dioptimalkan sampai hasil simulasi sesuai dengan yang diinginkan.

Metode analisis data pada penelitian ini adalah Analisis Regresi Sederhana. Statistika yang digunakan untuk mengambil keputusan pada penelitian ini adalah analisa regresi sederhana. Menurut Sugiyono (2014: 261), dinyatakan bahwa Regresi sederhana didasarkan pada hubungan fungsional ataupun kausal satu variabel independen dengan satu variabel dependen. Pada penelitian ini variabel independennya adalah jenis *substrat* dan variabel dependennya adalah karakteristik antena mikrostrip persegi panjang dengan frekuensi kerja 2,4GHz.

Persamaan umum regresi linear sederhana adalah:

$$= a - bx(7)$$

Dimana :

Y = subjek dalam variabel dependen yang diprediksi

a = harga Y ketika harga X = 0(harga konstan)

b = angka arah atau koefisien regresi

X = subjek pada variabel independen yang mempunyai nilai tertentu

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data penelitian diperoleh dari data hasil simulasi antena mikrostrip persegi panjang menggunakan *software CST Studio Suite*. Simulasi dilakukan untuk melihat bagaimana karakteristik dari antena. Simulasi yang dilakukan adalah mendesain antena mikrostrip persegi panjang menggunakan *software CST studio suite*. Tabel 4

menunjukkan parameter-parameter pada desain antena mikrostrip persegi panjang dengan frekuensi kerja 2,4 GHz.

Tabel 1. Hasil simulasi antena mikrostrip dengan variasi ϵ_r

Material (ϵ_r)	Teori				optimalisasi			
	L(m)	W(m)	X(m)	F(GHz)	L(m)	W(m)	X(m)	F(GHz)
1	66,0169	62,5	14,75	2,131	58,385	113,125	19,56	2,402
2	47,60	44,19	8,697	2,125	41,65	75,57	10,467	2,397
3	39,42	36,08	6,43	2,109	34,16	49,436	6,651	2,397
4	34,52	31,25	5,21	2,09	29,82	30,469	4,3499	2,4
5	31,17	27,95	4,43	2,072	26,739	26,97	3,728	2,397
6	28,695	25,515	3,88	2,056	24,496	19,366	2,867	2,4
7	26,76	23,62	3,478	2,039	22,615	17,835	2,535	2,4
8	25,20	22,097	3,16	2,026	21,20	16,57	2,288	2,39
9	23,908	20,83	2,907	2,011	19,94	14,58	2,013	2,399
10	22,81	19,76	2,698	2	18,72	15,81	1,97	2,403

Dari tabel 1 nilai parameter seperti lebar *patch* (W), panjang *patch* (L), dan jarak posisi pin (X) yang didapat dari teori belum bisa menghasilkan frekuensi kerja seperti yang diinginkan. Hal ini terjadi karena rumus pada teori merupakan rumus pendekatan sehingga hasil yang didapat tidak selalu tepat. Untuk mendapatkan frekuensi sesuai yang diinginkan, maka parameter-parameter dari teori tersebut dioptimalkan sehingga bisa mendapatkan hasil simulasi sesuai yang diinginkan.

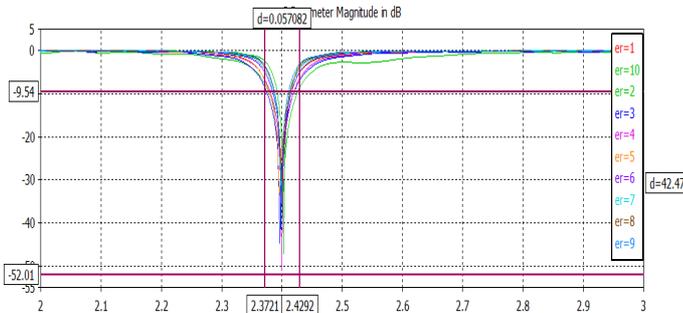
Setelah desain antena selesai dirancang, maka dilakukan proses simulasi dengan menggunakan *software CST 2011*. Saat simulasi, dilakukan perubahan nilai ϵ_r untuk melihat pengaruh nilai ϵ_r terhadap karakteristik. Hasil yang disimulasikan, terdiri dari : *beamwidth*, *bandwidth*, *gain*, dan pola radiasi.

Tabel 2. Hasil simulasi perbandingan karakteristik antena mikrostrip persegi panjang untuk nilai ϵ_r 1 sampai 10

ϵ_r	Frekuensi (GHz)	Gain (dB)	Beamwidth (°)	Bandwidth (MHz)
1	2,402	7,718	47,9	46,3
2	2,397	8	61,7	51,6
3	2,397	6,78	77,6	46,3
4	2,4	6,04	96	37,9
5	2,397	5,492	99,4	33,6
6	2,4	5,15	109,7	30,5
7	2,4	5,036	110,9	26,9
8	2,4	4,938	111,9	24,2
9	2,399	4,538	114,1	23,1
10	2,403	4,355	110,6	20,7

Tabel 2 merupakan tabel perbandingan nilai karakteristik antena untuk nilai ϵ_r 1 sampai 10

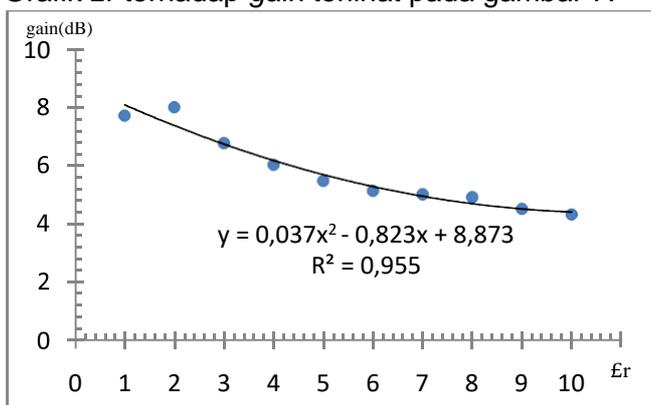
dengan frekuensi kerja 2,4 GHz. Pada tabel terlihat frekuensi pada desain antena sudah mencapai nilai yang diinginkan yaitu 2,4 GHz. Pada frekuensi yang sama bisa dilihat perubahan nilai *gain*, *beamwidth*, dan *bandwidth* pada masing-masing nilai ϵ_r . Nilai *gain*, *beamwidth*, dan *bandwidth* serta bentuk pola radiasi antena didapatkan dari hasil simulasi menggunakan software CST studio suite 2011.



Gambar 6. Grafik frekuensi dengan ϵ_r 1 sampai 10

Grafik pada Gambar 6 adalah hasil simulasi dengan nilai konstanta dielektrik (ϵ_r) 1 sampai 10. Berdasarkan grafik antena dapat meresonansikan frekuensi sesuai yang diharapkan yaitu 2.4 GHz. Untuk melihat nilai ϵ_r pada gambar dibedakan dengan warna garis pada grafik. Untuk $\epsilon_r=1$ ditunjukkan dengan warna merah, $\epsilon_r=2$ ditunjukkan dengan warna hijau tua, $\epsilon_r=3$ ditunjukkan dengan warna hijau muda dan selanjutnya seperti pada Gambar 6.

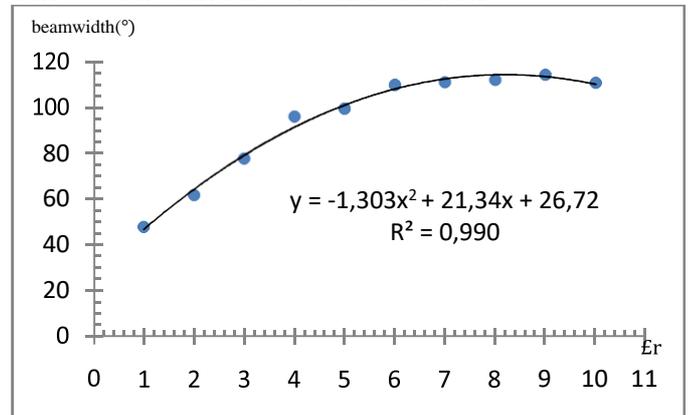
Hasil simulasi dengan nilai konstanta dielektrik (ϵ_r) 1 sampai 10, didapat hasil pengaruh ϵ_r terhadap *gain*, *beamwidth*, dan *bandwidth*. Grafik ϵ_r terhadap *gain* terlihat pada gambar 7.



Gambar 7. Grafik pengaruh ϵ_r terhadap *gain*

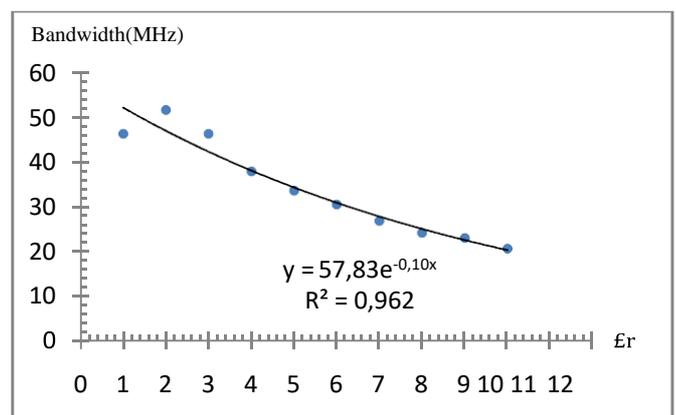
Dengan simulasi nilai ϵ_r 1 sampai 10 terlihat semakin besar nilai ϵ_r maka nilai *gain*-nya semakin kecil. Dari grafik regresi *polynomial* pada gambar 17 didapat nilai *gain* yaitu 0,9552, berdasarkan rumus pendekatan $y = 0,0379(\epsilon_r)^2 - 0,8231(\epsilon_r) + 8,8735$ dengan *R square* (R^2) = 0,9552.

R^2 adalah koefisien determinasi untuk memberikan propogasi atau persamaan variasi. Nilai R^2 terletak antara 0-1 dan kecocokan model dikatakan lebih baik kalau R^2 semakin mendekati 1. Dengan rumus pendekatan ini bisa diprediksi berapa nilai ϵ_r yang diperlukan untuk mendapatkan hasil *gain* seperti yang diinginkan dan sesuai standar serta kebutuhan.



Gambar 8. Grafik pengaruh nilai ϵ_r terhadap *beamwidth*

Dari grafik bisa dilihat semakin besar nilai ϵ_r maka *beamwidth* semakin besar. Untuk mendapatkan nilai *beamwidth* tinggi diatas 90, maka material yang digunakan yaitu material dengan nilai ϵ_r 4 sampai 10. Untuk mencari nilai pendekatan *beamwidth* bisa menggunakan rumus yaitu $y = 1,303(\epsilon_r)^2 - 21,349(\epsilon_r) + 26,727$. Dengan rumus pendekatan ini bisa diprediksi berapa nilai ϵ_r yang diperlukan untuk mendapatkan hasil *beamwidth* seperti yang diinginkan dan sesuai standar serta kebutuhan.



Gambar 9. Grafik pengaruh ϵ_r terhadap *bandwidth*

Semakin besar nilai ϵ_r maka semakin kecil *bandwidth*-nya. Berdasarkan grafik *return loss* pada grafik gambar 9, antena dapat meresonansikan frekuensi sesuai dengan yang diharapkan yaitu 2,4 GHz dengan acuan -9,54dB, -9,54dB menjelaskan kualitas penerimaan sinyal

yang diterima antenna sudah memiliki kualitas yang bagus. Maka bisa disimpulkan hasil rancangan antenna telah memenuhi target yang diinginkan yaitu <-9,54dB.

Untuk membuktikan kebenaran data pada simulasi nilai konstanta dielektrik (ϵ_r) 1 sampai 10 pada gambar 6, maka diambil sampling beberapa bahan jenis *substrat*. Material yang akan dipakai sebagai sampel yaitu teflon dengan $\epsilon_r = 2,08$; kertas dengan $\epsilon_r = 3,5$; kaca pyrex dengan $\epsilon_r = 4,7$; kayu kering dengan $\epsilon_r = 6$; dan alumina dengan $\epsilon_r = 9,8$. Tabel 3 merupakan tabel perkiraan untuk beberapa sampel sesuai dengan grafik pada gambar 17, 18 dan 19.

Tabel 3. perkiraan untuk beberapa sampel sesuai dengan grafik pada gambar 17, 18 dan 19.

No	Material	Perkiraan			Hasil simulasi dengan CST			Error		
		Gain (dB)	Beam width (°)	Band width (MHz)	Gain (dB)	Beam width (°)	Band width (MHz)	Gain (dB)	Beam width (°)	Band width (MHz)
1	Teflon ($\epsilon_r=2,08$)	7,325	65,496	47,704	8,051	80,9	53,862	0,726	15,404	6,159
2	Kertas ($\epsilon_r=3,5$)	6,457	85,487	41,154	6,358	91,0	45,261	0,099	5,513	4,107
3	Kaca pyrex ($\epsilon_r=4,7$)	5,842	98,284	36,326	5,635	94,0	35,533	0,207	4,284	0,793
4	Kayu kering ($\epsilon_r=6$)	5,299	107,913	31,732	5,08	95,7	34,406	0,191	12,213	2,674
5	Alumina ($\epsilon_r=9,8$)	4,447	110,807	21,373	4,337	100,1	22,528	0,110	10,707	1,155

Tabel 3 adalah perkiraan hasil simulasi untuk sampling beberapa material. Perkiraan tersebut didapatkan dari hasil grafik pada nilai ϵ_r 1 sampai 10 dengan rumus regresi yang didapat dari grafik. Untuk material teflon dengan nilai ϵ_r 2,08 diperkirakan nilai *gain*-nya sebesar 7,325 dB dan setelah dilakukan simulasi hasil yang diperoleh yaitu 8,051 dB. Nilai *beamwidth*-nya diperkirakan sebesar 65,496° dan setelah dilakukan simulasi didapat hasil nilai *beamwidth*-nya sebesar 80,9°. Sedangkan nilai *bandwidth*-nya diperkirakan sebesar 47,704 MHz dan setelah dilakukan simulasi didapat hasil 53,862 MHz.

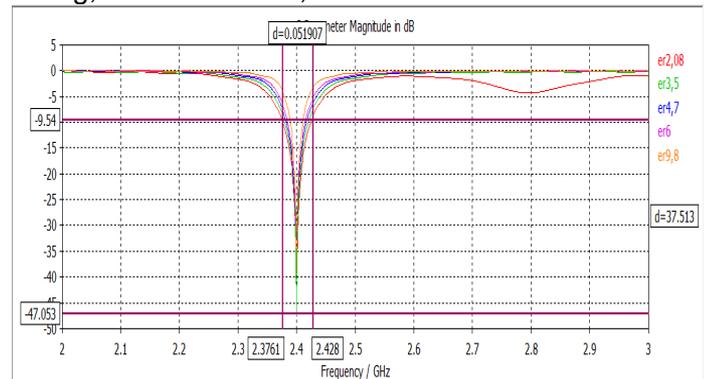
Untuk material kertas dengan nilai ϵ_r 3,5 diperkirakan nilai *gain*-nya 6,457 dB dan setelah dilakukan simulasi hasil yang diperoleh yaitu 6,358 dB. nilai *beamwidth*-nya diperkirakan 85,487° dan setelah dilakukan simulasi didapat hasil nilai *beamwidth*-nya sebesar 91°. Sedangkan nilai *bandwidth*-nya diperkirakan sebesar 41,154 MHz dan setelah dilakukan simulasi didapat hasil 45,261 MHz.

Untuk material kaca pyrex dengan nilai ϵ_r 4,7 diperkirakan nilai *gain*-nya 5,842 dB dan setelah dilakukan simulasi hasil yang diperoleh yaitu 5,635 dB. nilai *beamwidth*-nya diperkirakan 98,284° dan setelah dilakukan simulasi didapat hasil nilai *beamwidth*-nya sebesar 94°. Sedangkan

nilai *bandwidth*-nya diperkirakan sebesar 36,326 MHz dan setelah dilakukan simulasi didapat hasil 35,533 MHz.

Untuk material kayu kering dengan nilai ϵ_r 6 diperkirakan nilai *gain*-nya 5,299 dB dan setelah dilakukan simulasi hasil yang diperoleh yaitu 5,108 dB. nilai *beamwidth*-nya diperkirakan 107,913° dan setelah dilakukan simulasi didapat hasil nilai *beamwidth*-nya sebesar 95,7°. Sedangkan nilai *bandwidth*-nya diperkirakan sebesar 31,732 MHz dan setelah dilakukan simulasi didapat hasil 34,406 MHz.

Untuk material alumina dengan nilai ϵ_r 9,8 diperkirakan nilai *gai*-nya 4,447 dB dan setelah dilakukan simulasi hasil yang diperoleh yaitu 4,337 dB. nilai *beamwidth*-nya diperkirakan 110,87° dan setelah dilakukan simulasi didapat hasil nilai *beamwidth*-nya sebesar 100,1°. Sedangkan nilai *bandwidth*-nya diperkirakan sebesar 21,373 MHz dan setelah dilakukan simulasi didapat hasil 22,528 MHz. Grafik pada gambar 20 merupakan frekuensi [S1-1] dengan nilai $\epsilon_r = 2.08$ material teflon, nilai $\epsilon_r = 3,5$ material kertas, nilai $\epsilon_r = 4,7$ material kaca pyrex, nilai $\epsilon_r = 6$ material kayu kering, dan nilai $\epsilon_r = 9,8$ material alumina.



Gambar 10. Grafik [S1-1] sampling

Berdasarkan dari grafik simulasi pada gambar 10 dapat dilihat bahwa antenna dapat meresonansikan frekuensi sesuai dengan yang diharapkan yaitu 2,4 GHz. Dengan *bandwidth* pada material teflon dengan $\epsilon_r = 2,08$ antara 2,3743-2,426 GHz dengan acuan -9,54 dB, -9,54 dB menjelaskan kualitas penerimaan sinyal yang diterima antenna sudah memiliki kualitas yang bagus. Dapat disimpulkan rancangan antenna telah memenuhi target yang diinginkan yaitu <-9,54 dB dengan frekuensi 2,4 GHz.

Untuk material kertas dengan nilai $\epsilon_r = 3,5$ didapatkan hasil *bandwidth* antara 2,3775-2,427 GHz. Untuk material kaca pyrex dengan nilai $\epsilon_r = 4,7$ didapatkan hasil *bandwidth* antara 2,382-2,41758 GHz. Untuk material kayu kering dengan nilai $\epsilon_r = 6$ didapatkan hasil *bandwidth* antara 2,3828-2,4164 GHz. Untuk material alumina

dengan nilai $\epsilon_r = 9,8$ didapatkan hasil *bandwidth* antara 2,3891-2,4111 GHz.

Nilai *beamwidth* pada simulasi dengan bahan Teflon ($\epsilon_r = 2,08$) juga sesuai dengan simulasi pada nilai ϵ_r 1 sampai 10. Pada grafik pengaruh nilai ϵ_r terhadap *beamwidth* pada gambar 17, untuk nilai $\epsilon_r = 2$ lebar *beamwidth* yang diperoleh yaitu sebesar $61,7^\circ$ dan pada simulasi pada bahan Teflon dengan nilai $\epsilon_r = 2,08$ diperoleh lebar *beamwidth* sebesar $81,1^\circ$. Perubahan ini bergerak signifikan sesuai grafik pada gambar 18 dimana semakin besar nilai ϵ_r maka semakin besar lebar *beamwidth*.

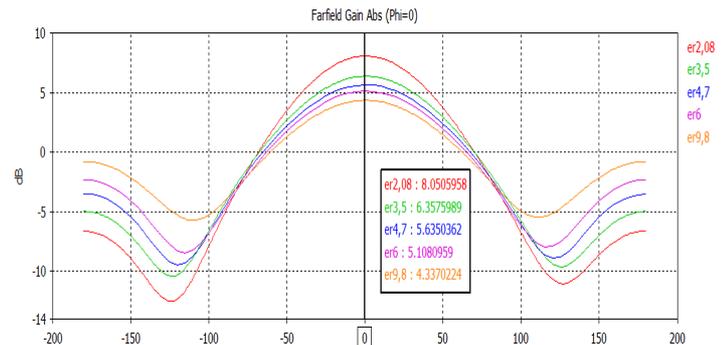
Nilai *beamwidth* pada simulasi dengan bahan kertas ($\epsilon_r = 3,5$) juga sesuai dengan simulasi pada nilai ϵ_r 1 sampai 10. Pada grafik pengaruh nilai ϵ_r terhadap *beamwidth* pada gambar 8, untuk nilai $\epsilon_r = 3$ lebar *beamwidth* yang diperoleh yaitu sebesar $77,6^\circ$ dan pada simulasi pada bahan kertas dengan nilai $\epsilon_r = 4,7$ diperoleh lebar *beamwidth* sebesar $91,1^\circ$. Perubahan ini bergerak signifikan sesuai grafik pada gambar 8 dimana semakin besar nilai ϵ_r maka semakin besar lebar *beamwidth*.

Nilai *beamwidth* pada simulasi dengan bahan kaca pyrex ($\epsilon_r = 4,7$) juga sesuai dengan simulasi pada nilai ϵ_r 1 sampai 10. Pada grafik pengaruh nilai ϵ_r terhadap *beamwidth* pada gambar 8, untuk nilai $\epsilon_r = 4$ lebar *beamwidth* yang diperoleh yaitu sebesar $96,0^\circ$ dan pada simulasi pada bahan kaca pyrex dengan nilai $\epsilon_r = 4,7$ diperoleh lebar *beamwidth* sebesar $94,1^\circ$. Perubahan ini bergerak signifikan sesuai grafik pada gambar 8 dimana semakin besar nilai ϵ_r maka semakin besar lebar *beamwidth*.

Berdasarkan hasil simulasi dengan nilai $\epsilon_r=6$ (kayu kering), dapat disimpulkan nilai yang diperoleh sesuai dengan grafik simulasi ϵ_r 1 sampai 10 pada gambar 6. Nilai *gain* pada grafik gambar 7 untuk $\epsilon_r = 6$ adalah 5,150 dB, dan pada bahan kayu kering dengan $\epsilon_r = 6$ juga diperoleh nilai *gain* yang sama yaitu sebesar 5,150 dB. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan perubahan nilai *gain* pada simulasi sesuai yang diharapkan.

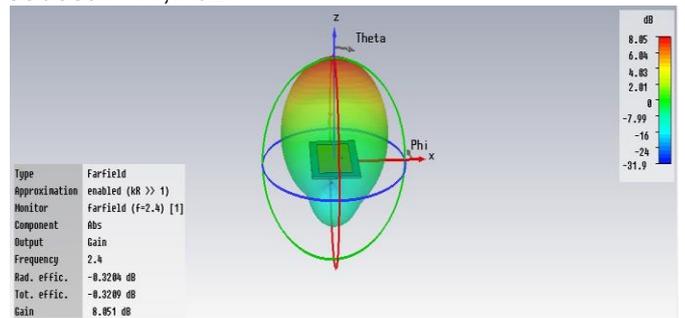
Nilai *beamwidth* pada simulasi dengan bahan kayu kering ($\epsilon_r = 6$) juga sesuai dengan simulasi pada nilai ϵ_r 1 sampai 10. Pada grafik pengaruh nilai ϵ_r terhadap *beamwidth* pada gambar 8, untuk nilai $\epsilon_r = 6$ lebar *beamwidth* yang diperoleh yaitu sebesar $109,7^\circ$ dan pada simulasi pada bahan kayu kering dengan nilai $\epsilon_r = 6$ juga diperoleh lebar *beamwidth* sebesar $95,6^\circ$. Selisih ini masih bisa diterima karena hanya berjarak 14,1.

Nilai *beamwidth* pada simulasi dengan bahan alumina ($\epsilon_r = 9,8$) juga sesuai dengan simulasi pada nilai ϵ_r 1 sampai 10. Pada grafik pengaruh nilai ϵ_r terhadap *beamwidth* pada gambar 8, untuk nilai $\epsilon_r = 9$ lebar *beamwidth* yang diperoleh yaitu sebesar $114,1^\circ$ dan pada simulasi pada bahan kayu kering dengan nilai $\epsilon_r = 9,8$ diperoleh lebar *beamwidth* sebesar $100,1^\circ$. Perubahan ini bergerak signifikan sesuai grafik pada gambar 8 dimana semakin besar nilai ϵ_r maka semakin besar lebar *beamwidth*.



Gambar 11. pola radiasi dalam bentuk cartasian sampling

Gambar 11 memperlihatkan pola radiasi dalam bentuk cartasian sampling dengan material Teflon, kertas, kaca pyrex, kayu kering, dan alumina. Untuk material Teflon dengan $\epsilon_r = 2,08$, berdasarkan bentuk pola radiasi dalam bentuk 3D pada gambar 12, bentuk radiasi merupakan pola radiasi directional dengan arah radiasi 0° sebesar 8,05 dB dengan *side lobe level* sebesar -14,7 dB.



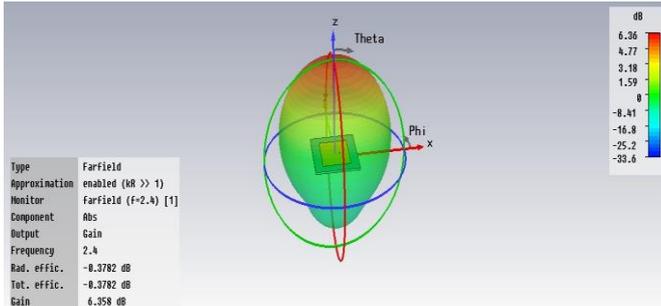
Gambar 12. Pola radiasi dalam bentuk 3D dengan $\epsilon_r=2,08$

Gambar 12 menunjukkan bentuk pola radiasi antena mikrostrip dalam bentuk tiga dimensi (3D). dari gambar bisa dilihat pola radiasi yang dihasilkan yaitu pola radiasi directional dengan Gain sebesar 7,916 dB.

Berdasarkan hasil simulasi dengan nilai $\epsilon_r=2,08$ (Teflon), dapat disimpulkan nilai yang diperoleh sesuai dengan grafik simulasi ϵ_r 1 sampai 10 pada gambar 6 dan juga sesuai dengan tabel perkiraan pada tabel 3. Nilai *gain* pada grafik gambar 6 untuk $\epsilon_r = 2$ adalah 8,0 dB, sedangkan pada bahan Teflon dengan $\epsilon_r = 2,08$ diperoleh

nilai *gain* sebesar 8,051 dB. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan perubahan nilai *gain* pada simulasi bergerak signifikan dan sesuai yang diharapkan. Nilai *gain* yang diperoleh juga sama dengan nilai perkiraan pada tabel 3.

Untuk material kertas dengan $\epsilon_r = 3,5$, berdasarkan bentuk pola radiasi dalam bentuk 3D pada gambar 23, bentuk radiasi merupakan pola radiasi directional dengan arah radiasi 0° sebesar 6,358 dB dengan *side lobe level* sebesar -11,3 dB.

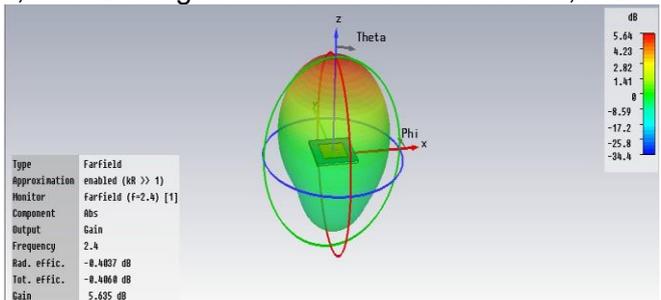


Gambar 13. Pola radiasi dalam bentuk 3D dengan $\epsilon_r=3,5$

Gambar 13 menunjukkan bentuk pola radiasi antena mikrostrip dalam bentuk tiga dimensi (3D).dari gambar bisa dilihat pola radiasi yang dihasilkan yaitu pola radiasi directional dengan *gain* sebesar 6,361 dB.

Berdasarkan hasil simulasi dengan nilai $\epsilon_r=3,5$ (kertas), dapat disimpulkan nilai yang diperoleh sesuai dengan grafik simulasi ϵ_r 1 sampai 10 pada gambar 7. Nilai *gain* pada grafik gambar 7 untuk $\epsilon_r = 3$ adalah 6,780 dB, sedangkan pada bahan kertas dengan $\epsilon_r = 3,5$ diperoleh nilai *gain* sebesar 6,358 dB . Dari hasil tersebut dapat disimpulkan perubahan nilai *gain* pada simulasi bergerak signifikan dan sesuai yang diharapkan, dimana pada simulai ϵ_r 1 sampai 10 didapat hasil semakin besar nilai ϵ_r maka *gain* semakin kecil.

Untuk material kaca pyrex dengan $\epsilon_r = 4,7$, berdasarkan bentuk pola radiasi dalam bentuk 3D pada gambar 14, bentuk radiasi merupakan pola radiasi directional dengan arah radiasi 0° sebesar 5,635 dB dengan *side lobe level* sebesar -9,1 dB.

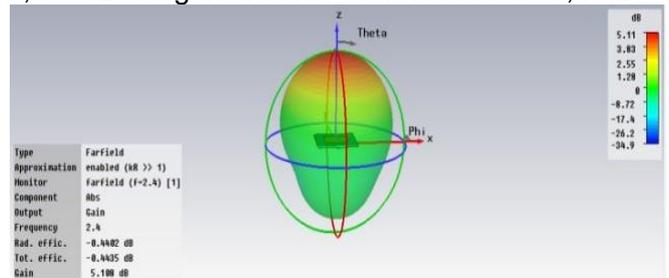


Gambar 14. Pola radiasi dalam bentuk 3D dengan $\epsilon_r=4,7$

Gambar 14 menunjukkan bentuk pola radiasi antena mikrostrip dalam bentuk tiga dimensi (3D).dari gambar bisa dilihat pola radiasi yang dihasilkan yaitu pola radiasi directional dengan *gain* sebesar 5,636 dB.

Berdasarkan hasil simulasi dengan nilai $\epsilon_r=4,7$ (kaca pyrex), dapat disimpulkan nilai yang diperoleh sesuai dengan grafik simulasi ϵ_r 1 sampai 10 pada gambar 6. Nilai *gain* pada grafik gambar 17 untuk $\epsilon_r = 4$ adalah 6,040 dB, sedangkan pada bahan kaca pyrex dengan $\epsilon_r = 4,7$ diperoleh nilai *gain* sebesar 5,635 dB. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan perubahan nilai *gain* pada simulasi bergerak signifikan dan sesuai yang diharapkan, dimana pada simulai ϵ_r 1 sampai 10 didapat hasil semakin besar nilai ϵ_r maka *gain* semakin kecil.

untuk material kayu kering dengan $\epsilon_r = 6$, berdasarkan bentuk pola radiasi dalam bentuk 3D pada gambar 15, bentuk radiasi merupakan pola radiasi directional dengan arah radiasi 0° sebesar 5,108dB dengan *side lobe level* sebesar -7,4 dB.

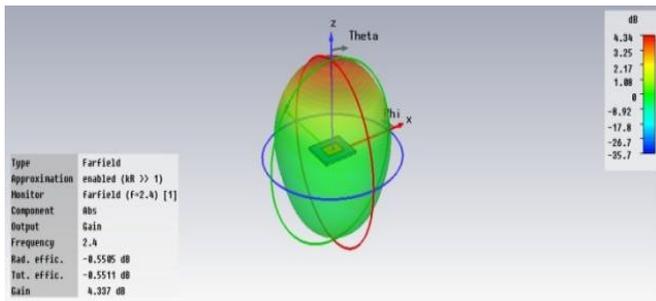


Gambar 15. Pola radiasi dalam bentuk 3D dengan $\epsilon_r=6$

Gambar 15 menunjukkan bentuk pola radiasi antena mikrostrip dalam bentuk tiga dimensi (3D).dari gambar bisa dilihat pola radiasi yang dihasilkan yaitu pola radiasi directional dengan *gain* sebesar 5,150 dB.

Berdasarkan hasil simulasi dengan nilai $\epsilon_r=6$ (kayu kering), dapat disimpulkan nilai yang diperoleh sesuai dengan grafik simulasi ϵ_r 1 sampai 10 pada gambar 6. Nilai *gain* pada grafik gambar 7 untuk $\epsilon_r = 6$ adalah 5,150 dB, dan pada kayu kering dengan nilai ϵ_r sama juga menghasilkan nilai *gain* yang sama yaitu 5,150 dB.

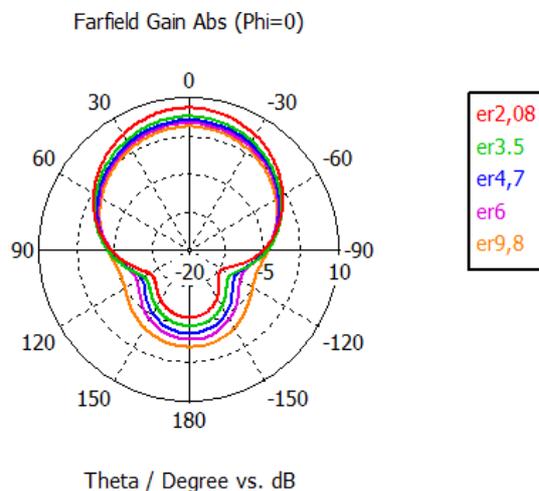
Untuk material alumina dengan $\epsilon_r = 9,8$, berdasarkan bentuk pola radiasi dalam bentuk 3D pada gambar 26, bentuk radiasi merupakan pola radiasi directional dengan arah radiasi 1° sebesar 4,337 dB dengan *side lobe level* sebesar -5,1 dB.



Gambar 16. Pola radiasi dalam bentuk 3D dengan $\epsilon_r=9,8$

Gambar 16 menunjukkan bentuk pola radiasi antena mikrostrip dalam bentuk tiga dimensi (3D). dari gambar bisa dilihat pola radiasi yang dihasilkan yaitu pola radiasi directional dengan *gain* sebesar 4,337 dB.

Berdasarkan hasil simulasi dengan nilai $\epsilon_r=9,8$ (alumina), dapat disimpulkan nilai yang diperoleh sesuai dengan grafik simulasi ϵ_r 1 sampai 10 pada gambar 6. Nilai *gain* pada grafik gambar 7 untuk $\epsilon_r = 9$ adalah 4,538 dB, sedangkan pada bahan kayu kering dengan $\epsilon_r = 9,8$ diperoleh nilai *gain* sebesar 4,337 dB. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan perubahan nilai *gain* pada simulasi bergerak signifikan dan sesuai yang diharapkan, dimana pada simulasi ϵ_r 1 sampai 10 didapat hasil semakin besar nilai ϵ_r maka *gain* semakin kecil.



Gambar 17. bentuk pola radiasi polar sampling

Gambar 17 menunjukkan bentuk pola radiasi antena mikrostrip dalam bentuk polar dihasilkan bentuk radiasi dengan arah *directional* dan lebar *beamwidth* untuk material teflon dengan $\epsilon_r = 2,08$ sebesar $80,9^\circ$ dengan batas acuan 3dB. Untuk material kertas dengan $\epsilon_r = 3,5$ sebesar $91,0^\circ$ dengan batas acuan 3dB. untuk material kaca pyrex dengan $\epsilon_r = 4,7$ sebesar $94,0^\circ$ dengan batas acuan 3dB. untuk material kayu kering dengan $\epsilon_r = 6$ sebesar $95,7^\circ$. Untuk material alumina dengan $\epsilon_r = 9,8$ sebesar $100,1^\circ$. Dari

hasil tersebut dapat disimpulkan antena telah memenuhi standar antena yang diinginkan.

D. SIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

- Adanya pengaruh nilai ϵ_r terhadap *gain* pada antena mikrostrip persegi panjang dimana semakin besar nilai ϵ_r , *gain* semakin kecil.
- Adanya pengaruh nilai ϵ_r terhadap *bandwidth* pada antena mikrostrip persegi panjang dimana semakin besar nilai ϵ_r , *bandwidth* semakin kecil.
- Adanya pengaruh nilai ϵ_r terhadap *beamwidth* pada antena mikrostrip persegi panjang dimana semakin besar nilai ϵ_r , *beamwidth* semakin kecil.
- Untuk mendesain antena dengan *gain* tinggi yang bernilai diatas 5dB digunakan material dengan nilai ϵ_r antara 1 sampai 3. Untuk mendesain antena dengan *beamwidth* tinggi yang bernilai diatas 90° digunakan material dengan nilai ϵ_r antara 4 sampai 10. Untuk mendesain antena dengan *bandwidth* lebar yang bernilai diatas 0,03 GHz digunakan material dengan nilai ϵ_r antara 1 sampai 3.

4) Saran

- Pada proses perancangan antena mikrostrip persegi panjang dengan frekuensi kerja 2,4 GHz, jika perancang menginginkan *gain* pada antena besar maka material yang digunakan adalah material yang memiliki nilai ϵ_r antara 1 sampai 3.
- Pada proses perancangan antena mikrostrip persegi panjang dengan frekuensi kerja 2,4 GHz, jika perancang menginginkan *beamwidth* pada antena besar maka material yang digunakan adalah material yang memiliki nilai ϵ_r antara 4 sampai 10.
- Pada proses perancangan antena mikrostrip persegi panjang dengan frekuensi kerja 2,4 GHz, jika perancang menginginkan *bandwidth* pada antena lebar maka material yang digunakan adalah material yang memiliki nilai ϵ_r antara 1 sampai 3.

Catatan :

Artikel ini disusun berdasarkan hasil penelitian dari Tugas Akhir penulis dengan Pembimbing I Delsina Faiza, S.T., M.T. dan Pembimbing II Khairi Budayawan, S.Pd.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Yanuar Syauki. 2013. *Modul Dasar Telekomunikasi: Pola Radiasi Antena dan Kendala Propagasi*, Pusat Pengembangan Bahan Ajar-UMB.
- Balanis, Constantine A. 1997. *Antenna Theory: Analysis and Design Second Edition*. United.
- Fang, D G. 2010. *Antenna Theory and Microstrip Antennas*. United States of America : CRC Press.
- Forouzan, Behrouz A. 2007. *Data Communications and Networking Fourth Edition*, Higher Education, New York.
- Garg, Ramesh dkk. 2001. *Microstrip Antenna Handbook Design*. Boston London : Artech House.
- M. Fuad Hasan, dkk. 2013. *Simulasi antena mikrostrip bidang segiempat tunggal dengan software matlab*. Transient (vol 2 no 3, ISSN: 2302-9927, 806).
- Milligan, Thomas A. 2005. *Modern Antenna Design Second Edition*. United States of America : John Wiley & Sons, Inc.
- Mudrik Alaydrus. 2011. *Antena Prinsip & Aplikasi*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Pramudi Utomo. 2008. *Teknik Telekomunikasi Jilid 1*. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Stutzman, Warren & Thiele, Gary A. 1998. *Antenna Theory And Design: second Edition*, John Wiley & Sons Inc, United States of America.