

# Rancang Bangun Antena *Unidirectional Ultra-Wideband* dengan Desain *Fork-Shaped Tuning Stub* menggunakan Bahan Dielektrik Fr-4

Yusron Tri Huda, Tommi Hariyadi, Budi Mulyanti  
Program Studi Pendidikan Teknik Elektro FPTK UPI  
Jl. Dr. Setiabudhi No. 207 Bandung 40154  
e-mail: theyusronkid@gmail.com

**Abstrak**— Pada penelitian ini telah dirancang antena mikrostrip Ultra Wide Band (UWB) untuk radar tembus tembok. Simulasi dilakukan dengan menggunakan CST STUDIO. Bahan substrat yang digunakan adalah FR-4 yang memiliki konstanta dielektrik 4,3 dan ketebalan 1,6 mm. Hasil simulasi menunjukkan antena memiliki bandwidth 4,8 GHz pada frekuensi 4,2 - 9 GHz dengan return loss -10dB. Sedangkan hasil pengukuran menunjukkan bandwidth 5 GHz pada frekuensi 3,8 - 8,8 GHz dengan return loss yang sama.

**Keywords**— *antena, ultra wide band, mikrostrip, radar tembus tembok.*

**Abstract**— In this paper, Ultra Wide Band (UWB) microstrip antenna was designed for through-wall-imaging radar. The simulation was carried out using CST Studio. The FR-4 substrate with dielectric constant of 4,3 and thickness of 1,6 mm is used in this project. The simulation result confirm that antenna have 4,8 GHz of bandwidth from 4,2 to 9 GHz with -10dB return loss. The measured result confirm that antenna have 5 GHz bandwidth from 3,8 to 8,8 GHz with a same return loss.

**Keywords:** *antenna, ultra wide band, mikrostrip, through wall imaging*

## I. PENDAHULUAN

Antena adalah salah satu media peralihan antara ruang bebas dengan piranti pemadu (dapat berupa kabel koaksial atau pemandu gelombang/*waveguide*) yang digunakan untuk menggerakkan energi elektromagnetik dari sumber pemancar ke antena atau dari antena ke penerima. Perancangan antena yang baik adalah ketika antena dapat mentransmisikan energi atau daya maksimum dalam arah yang diharapkan oleh penerima[1].

Teknologi *Ultra wide band* (UWB) adalah sistem komunikasi jarak pendek yang mempunyai *bandwidth* yang sangat lebar. Dengan *bandwidth* yang sangat lebar maka diperlukan suatu antena dengan *bandwidth* yang besar pula. Frekuensi UWB yaitu berada di 3.1 hingga 10.6 GHz, yang telah dialokasikan dan di standarisasi oleh *FCC* (*Federal Communication Commision*) pada tahun 2002 yaitu untuk perangkat komersil[2]. Pada tahun 2007 *Office for Communication* (*OfCom*) menentukan standar untuk antena radar yaitu bekerja pada frekuensi 4,2 – 8,5 GHz [3].

Pada penelitian yang dilakukan [4], telah dirancang antena UWB untuk radar tembus tembok menggunakan bahan dielektrik *Duroid5880*. Hasil penelitian tersebut memenuhi standar *OfCom*. Sedangkan pada

penelitian ini dirancang antena UWB dengan spesifikasi dan karakteristik yang sama namun menggunakan bahan dielektrik FR-4.

### **Radar Tembus Tembok**

Radar UWB tembus tembok telah menarik perhatian baik di pihak akademi maupun industri karena sangat berperan penting dalam keamanan, penyelamatan saat kebakaran atau dalam gedung yang runtuh, dan bencana alam seperti gempa bumi atau badai[3].

Radar tembus pandang dengan teknologi UWB mempunyai kelebihan yaitu mempunyai akurasi deteksi jangkauan yang tinggi pada target, mempunyai karakteristik penetrasi pada dinding yang baik, operasi tidak terpengaruh oleh kondisi siang atau malam dan kondisi cuaca, dan kebal terhadap *noise*, *jamming*, dan interferensi dari teknologi *narrow band*[5].

### **Ultra Wide Band (UWB)**

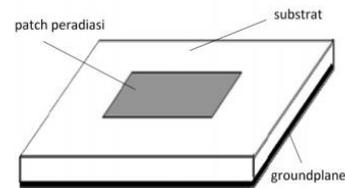
UWB adalah teknologi nirkabel untuk mentransmisikan data digital yang besar melalui spektrum yang luas dari pita frekuensi dengan daya yang rendah dan jarak yang pendek. Radio UWB tidak hanya dapat membawa sejumlah data yang besar melalui jarak hingga 70 meter dengan daya yang sangat rendah (<0,5 miliwatt) tetapi juga memiliki kemampuan untuk membawa sinyal melalui pintu dan hambatan lain yang cenderung mencerminkan sinyal pada lebar-pita (*bandwidth*) yang terbatas. UWB dapat dibandingkan dengan teknologi nirkabel jarak pendek yaitu *bluetooth*, yang merupakan standar untuk menghubungkan perangkat genggam nirkabel (*handphone*) dengan perangkat lain yang sejenis, atau dengan komputer[6].

UWB merupakan system komunikasi jarak pendek yang mempunyai *bandwidth* yang sangat lebar, agar dikategorikan sebagai komunikasi UWB syarat lebar *bandwidth* fraksionalnya 25% dari frekuensi tengahnya. UWB memancarkan semburan begitu banyak RF (*Radio Frequency*), dimana radiasinya terpancar secara *wide band*, mentransmisikan melalui begitu banyak frekuensi secara simultan. Hal inilah yang memungkinkan kecepatan transfer data yang sangat tinggi[5].

### **Antena Mikrostrip**

Antena mikrostrip adalah antena yang cukup populer saat ini. Hal itu dikarenakan bentuk, ukuran, dan beratnya yang sangat cocok dengan tuntutan teknologi telekomunikasi saat ini yang mengutamakan hal tersebut sehingga antena tersebut mudah untuk diaplikasikan[7].

Bentuk paling sederhana dalam peralatan mikrostrip adalah berupa sisipan dua buah lapisan konduktif yang saling paralel yang dipisahkan oleh suatu substrat dielektrik. Konduktor bagian atas adalah potongan metal yang tipis (biasanya tembaga) yang merupakan fraksi kecil dari suatu panjang gelombang. Konduktor bagian bawah adalah bidang pentanahan yang secara teori bernilai tak hingga. Keduanya dipisahkan oleh sebuah substrat dielektrik yang non magnetik[7].



Gambar 1. Struktur Dasar Antena Mikrostrip [8]

### **Parameter Antena**

*Bandwidth* suatu antena didefinisikan sebagai rentang frekuensi di mana kinerja antena yang berhubungan dengan beberapa karakteristik. *VSWR* adalah perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri (*standing wave*) maksimum dengan minimum, pada saluran transmisi ada dua komponen gelombang tegangan, yaitu tegangan yang dikirimkan dan tegangan yang direfleksikan. *Return Loss* adalah perbandingan antara amplitudo dari gelombang yang direfleksikan terhadap amplitudo gelombang yang dikirimkan.

*Return Loss* dapat terjadi karena adanya diskontinuitas antara saluran transmisi dengan impedansi masukan beban (antena)[9]. Pola radiasi adalah fungsi matematika atau representasi grafik dari sifat radiasi antena sebagai fungsi ruang. *Gain* menunjukkan seberapa efisien sebuah antena dapat mentransformasikan daya yang ada pada terminal masukan menjadi daya yang teradiasi pada arah tertentu[10].

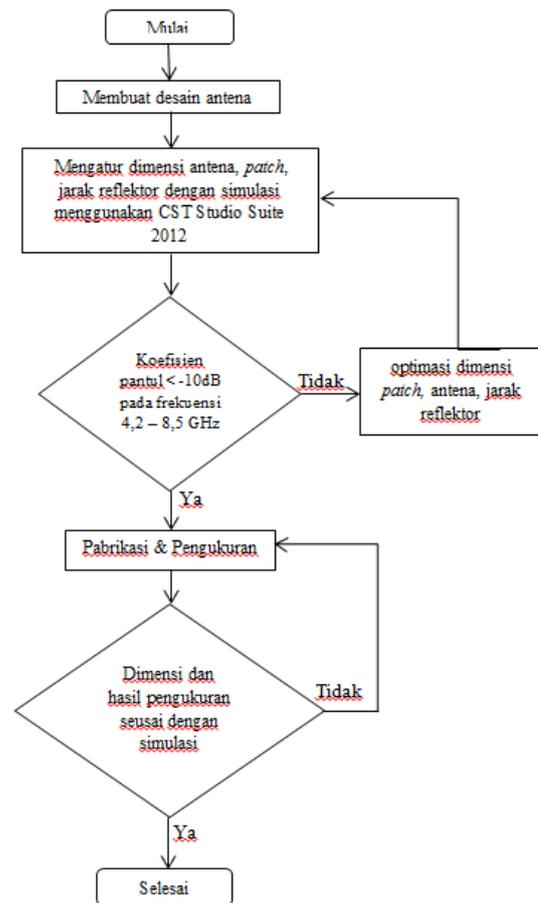
## II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen. Tahapan metode eksperimen pada penelitian ini diuraikan sebagai berikut: studi lapangan dan identifikasi masalah, studi literatur, konsultasi dengan pakar, perancangan dan pabrikan alat, pengukuran parameter-parameter alat, menganalisa hasil pengukuran, melakukan perbaikan alat jika terjadi kesalahan atau spesifikasi alat belum terpenuhi, melakukan pengukuran ulang dan kembali melakukan perbaikan jika masih terdapat kesalahan, dan yang terakhir pembuatan laporan dan jurnal. Pada tahap studi lapangan dan identifikasi masalah dilakukan proses observasi dan analisis terhadap permasalahan yang muncul di lapangan, studi literatur dilakukan untuk menambah referensi yang berkaitan dengan pembuatan alat yang merupakan pemecahan masalah yang telah teridentifikasi.

Pada tahap konsultasi dengan pakar direalisasikan dalam bentuk konsultasi dengan dosen yang merupakan ahli di bidang elektro dan elektronika maupun dari segi tata cara penelitian dan penulisan karya ilmiah, dilanjutkan dengan tahap perancangan dan pembuatan alat yang terdiri dari simulasi dan pabrikan alat, pada tahap simulasi dilakukan perancangan dengan bantuan software CST Studio sampai diperoleh parameter-parameter sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Tahap selanjutnya adalah melakukan pabrikan dan pengukuran terhadap alat yang telah dibuat, pengukuran dilakukan di Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). pada tahap ini alat yang telah dibuat diukur parameter-parameternya dengan menggunakan *Network Analyzer* (NA), untuk mengetahui parameter-parameter penting dari alat yang telah dipabrikan. Setelah melakukan pengukuran dilanjutkan dengan analisa data hasil pengukuran, pada tahap ini data hasil pengukuran dibandingkan dengan data hasil simulasi dan diolah sedemikian rupa sehingga menghasilkan sebuah simpulan sementara mengenai kinerja dari alat yang telah dibuat, jika dari simpulan tersebut didapat bahwa alat belum memenuhi spesifikasi awal yang telah ditentukan maka dilakukan proses perbaikan

terhadap alat kemudian melakukan pengukuran ulang sampai didapat kesimpulan bahwa alat sudah menunjukkan kinerja yang baik dan sesuai dengan spesifikasi awal yang telah ditentukan.

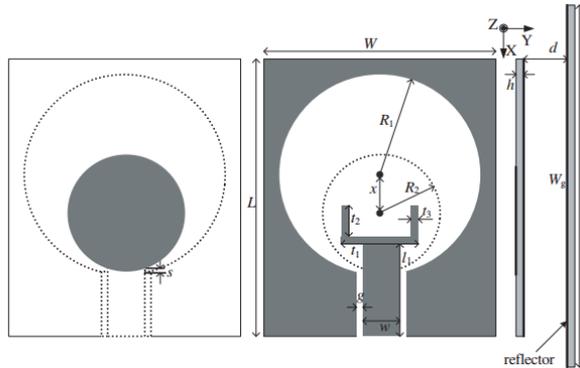
Dalam perancangan diperlukan tahapan-tahapan untuk mempermudah proses perancangan yang dilakukan. Pada gambar 2 ditunjukkan diagram alir dalam perancangan antenna UWB ini.



Gambar 2. Diagram Alir Perancangan Antena UWB

Perancangan antenna UWB ini dimulai dengan membuat desain antenna seperti pada penelitian yang telah dilakukan sebagai acuan dengan parameter dalam gambar 3. Secara keseluruhan desain mirip dengan penelitian acuan. Pada tahap ini langsung menggunakan bahan FR-4 sebagai pengganti *Duroid5880* untuk substrat dielektrik. FR-4 memiliki konstanta dielektrik,  $\epsilon_r = 4,3$  dan ketebalan,  $h = 1,6\text{mm}$ . Setelah itu yaitu mengatur dimensi antenna, *patch*, dan jarak reflektor lalu dilakukan simulasi pertama, namun pada hasil simulasi pertama karakteristik

antena UWB masih jauh dari yang diinginkan. Lalu dilakukan optimasi untuk mendapatkan hasil yang memenuhi karakteristik.



Gambar 3. Dimensi Antena Acuan

TABEL 1. PERBANDINGAN DIMENSI ANTENA UWB

Dimensi	Bahan Substrat	
	Duroid5880	FR-4
$W$	30 mm	24 mm
$L$	34 mm	28 mm
$R_1$	13,7 mm	10,8 mm
$R_2$	7,5 mm	6 mm
$x$	5,3 mm	2,5 mm
$w$	3,6 mm	2,7 mm
$g$	0,2 mm	0,9 mm
$s$	1,0 mm	2,5 mm
$l_1$	9,5 mm	8 mm
$t_1$	7,5 mm	5,6 mm
$t_2$	4,0 mm	2,6 mm
$t_3$	0,4 mm	0,4 mm
$d$	16 mm	10 mm
Dimensi reflektor	50 x 50 mm	36 x 24 mm

Hampir seluruh dimensi di dapatkan dari hasil iterasi dan optimasi pada simulasi yang cukup banyak, perbandingan desain akhir antena yang dibuat dengan desain awal dapat dilihat pada tabel 1. Tahap selanjutnya yaitu sampai pada pabrikan dan pengukuran. Tahap ini dilakukan setelah hasil simulasi sesuai dengan

karakteristik yang dibutuhkan. Antena di pabrikan sesuai dengan desain, lalu dilakukan pengukuran. Sebelum dilakukan pengukuran, antena dilengkapi port dan sekat antara antena dengan UWB. Lalu dilakukan pengukuran, jika hasil pengukuran tidak sesuai, maka perlu di analisa dan dilakukan pabrikan ulang ataupun simulasi ulang.

Dalam perancangan antena UWB, terdapat beberapa parameter penting yang digunakan sebagai acuan baik dalam simulasi maupun perhitungan. Berikut ini adalah spesifikasi perancangan antena UWB pada tabel 2.

TABEL 2. SPESIFIKASI ANTENA UWB

No.	Parameter Antena UWB	Keterangan
1.	Frekuensi kerja	3,8 – 8,8 GHz
2.	Bandwidth	5 GHz
6.	Return loss	< -10 dB
7.	Matching Impedance	50 ohm
8.	VSWR	$1 < \text{VSWR} < 2$

Jenis substrat dielektrik yang digunakan adalah FR-4. Tabel spesifikasi dari FR-4 ditunjukkan pada tabel 3.

TABEL 3. SPESIFIKASI SUBSTRAT FR-4

No.	Nama Parameter	Keterangan
1	Jenis Substrat	FR-4
2	Konstanta Dielektrik Relatif ( $\epsilon_r$ )	4,3
3	Dielectric Loss Tangent ( $\delta$ )	0,025
4	Ketebalan Substrat (h)	1,6 mm

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Optimasi Patch Depan

Setelah dilakukan berbagai optimasi guna mendapatkan hasil simulasi yang mirip dengan jurnal acuan dengan memakai bahan FR-4, diketahui bahwa pengaruh utama dari hasil return loss yang cukup berpengaruh yaitu dari radius patch depan antena ( $R_2$ ) dan jarak antena

dengan reflektor. Namun pada bagian ini akan dibahas yang mempengaruhi *return loss*, frekuensi kerja, dan *bandwidth* yaitu radius *patch* depan.

$$R_1 \approx \frac{c}{4f_1 \sqrt{\frac{1 + \epsilon_r}{2}}} \times \frac{2}{\pi} \quad (1)$$

$$R_2 \approx \frac{R_1}{2} \quad (2)$$

Dimana :

$R_1$  = radius *patch* belakang

$R_2$  = radius *patch* depan

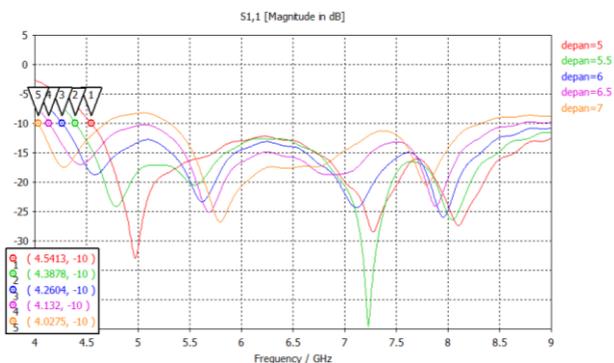
$f_1$  = frekuensi bawah (4,2GHz)

$c$  = kecepatan cahaya ( $3 \times 10^8$  m/s)

$\epsilon_r$  = konstanta dielektrik (4,3 untuk FR-4)

Rumus diatas[4] merupakan cara untuk menentukan radius dalam antenna, walaupun hasilnya tidak 100% sesuai dengan hasil simulasi, di optimasi oleh beberapa kali simulasi sehingga menemukan bentuk yang tepat.

Dalam aplikasi CST Studio digunakan menu *parameter sweep* untuk mengetahui pengaruh suatu perubahan parameter dalam hal ini yaitu radius *patch* depan. Perbandingan radius disimulasikan mulai dari 5mm, 5,5mm, 6mm, 6,5mm dan 7mm. Hasil perbandingan simulasi terlihat dalam gambar 4.

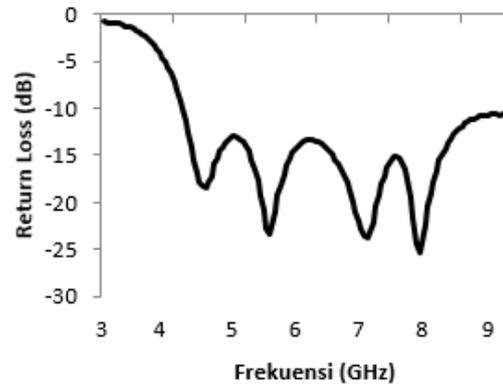


Gambar 4. Perbandingan return loss untuk setiap radius *patch* depan

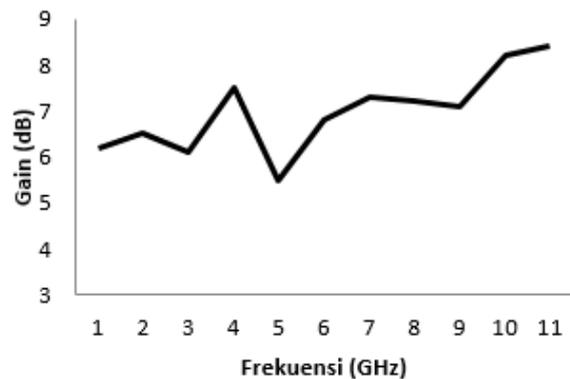
Terlihat dalam grafik tersebut bahwa yang paling optimal yaitu  $R = 6$ mm dengan *return loss* dibawah -10dB dengan *bandwidth* lebih dari 5GHz yang cukup melebihi antenna UWB berbahan dasar *Duroid5880* pada jurnal acuan

### B. Hasil Simulasi

Berikut ini adalah hasil simulasi dari antenna UWB berupa *return loss* pada gambar 5 dan gain pada gambar 6.

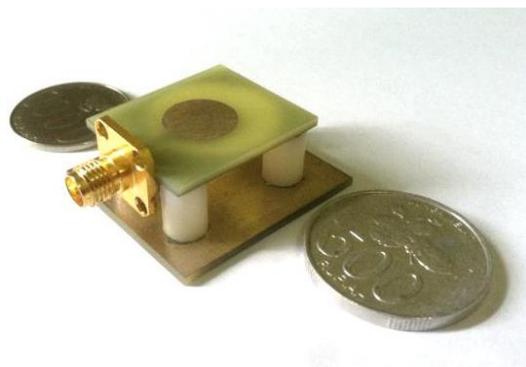


Gambar 5. Return loss hasil simulasi



Gambar 6. Gain hasil simulasi

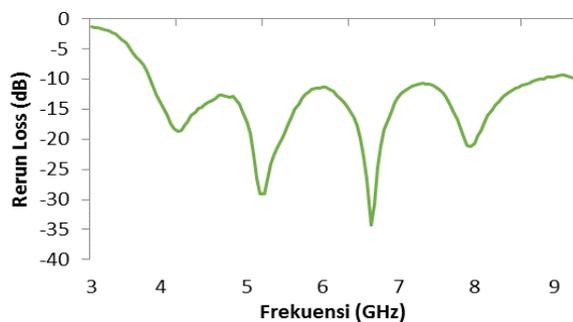
### C. Hasil Pabrikasi dan Pengukuran



Gambar 7. Hasil pabrikasi antenna UWB

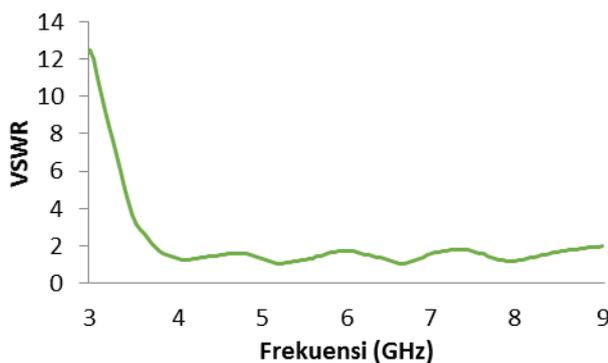
Hasil pabrikasi antenna UWB setelah dipasang port dan sekat terlihat pada gambar 7. Hasil pabrikasi tersebut hampir 100% sama dengan desain pada simulasi, namun sehubungan dengan dimensi yang relatif kecil, terdapat beberapa perbedaan kecil seperti pemotongan bahan yang kurang rapih, pergeseran antara patch depan dengan patch belakang.

Hasil pengukuran parameter S11 pada antenna dapat dilihat pada gambar 8. Pada pengukuran ini terlihat bahwa antenna yang sudah dibuat telah memenuhi bandwidth pada frekuensi yang diinginkan yaitu bekerja dengan baik dengan return loss sebesar -10dB pada frekuensi 3,8GHz – 8,8GHz dengan bandwidth sebesar 5 GHz.



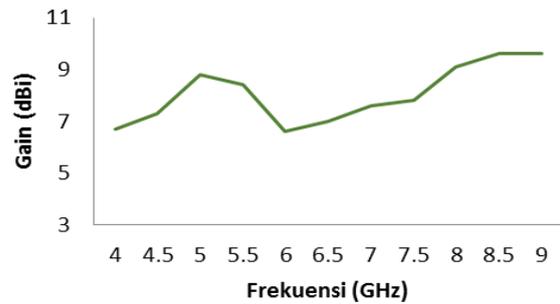
Gambar 8. Return Loss dari hasil pengukuran

Hasil pengukuran VSWR pada antenna UWB dapat dilihat pada gambar 9. Antena yang bagus adalah antenna yang memiliki VSWR mendekati 1 dan < 2. Terlihat dalam grafik tersebut bahwa antenna sudah memenuhi syarat dengan VSWR sudah berada < 2 pada frekuensi kerjanya meliputi dari 3,7GHz – 9GHz.



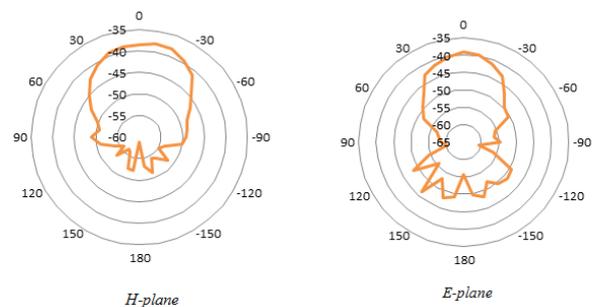
Gambar 9. VSWR dari hasil pengukuran

Hasil pengukuran gain pada antenna UWB dapat dilihat dalam gambar 10. Gain yang dihasilkan oleh antenna UWB ini bervariasi mulai dari 6,6dBi hingga 9,6dBi. Hasil pengukuran ini didapat dari pengambilan data dari spectrum analyzer.



Gambar 10. Gain hasil pengukuran

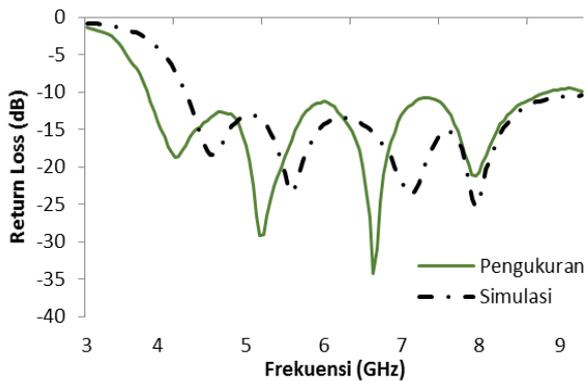
Pola radiasi antenna UWB dari hasil pengukuran dapat dilihat dalam bentuk dua dimensi pada gambar 12 untuk H-plane (azimuth) dan E-plane (elevasi). Dari hasil pengukuran tersebut terlihat bahwa karakteristik antenna UWB yang telah diukur menunjukkan bahwa antenna memiliki pola radiasi directional yang mempunyai main lobe pada sudut 0° sesuai dengan kebutuhan antenna tersebut dan mempunyai kemiripan dengan antenna pada antenna acuan yang menggunakan bahan Duroid5880. Pengukuran pola radiasi tersebut dilakukan pada frekuensi 6,5GHz sebagai titik tengah dari frekuensi kerja antenna dan memiliki ketelitian pengukuran setiap 10°.



Gambar 11. Pola radiasi hasil pengukuran

#### D. Perbandingan Hasil Pengukuran dengan Hasil Simulasi

Berdasarkan dari semua hasil yang diperoleh, dari proses pengukuran, antenna yang dibuat sudah mendekati hasil simulasi dan antenanya pun bekerja pada parameter-parameter yang dibutuhkan sebagai antenna UWB untuk radar. Untuk lebih jelasnya berikut perbandingan *return loss* (S11) dari hasil simulasi dengan hasil pengukuran langsung pada gambar 12.



Gambar 12. Perbandingan hasil simulasi dan hasil pengukuran

Dari hasil perbandingan tersebut terlihat bahwa ada pergeseran pada frekuensi bawah dari antenna, pada simulasi frekuensi terkecilnya yaitu di 4,2GHz namun pada pengukuran menjadi 3,8GHz. Dan pada frekuensi atas dari hasil simulasi menembus frekuensi 9GHz bahkan lebih, namun pada pengukuran hanya mencapai 8,8GHz. Dan hasil pengukuran pun menunjukkan bahwa antenna memiliki *bandwidth* sebesar 5GHz. Akan tetapi diluar hal tersebut tentu antenna sudah memenuhi bahkan melebihi parameter sebagai antenna UWB untuk radar sesuai dengan ketentuan *OfCom* (*Office of Communications*) yaitu pada frekuensi 4,2GHz – 8,5GHz.

#### IV. KESIMPULAN

Telah dilakukan beberapa kali simulasi dan optimasi untuk mendapatkan spesifikasi terbaik pada antenna UWB untuk radar yang bekerja pada frekuensi 4,2 – 8,5GHz. Besarnya *bandwidth* pada hasil simulasi adalah sebesar 4,8 GHz yaitu pada frekuensi 4,2 – 9 GHz. Dan pada pengukuran yaitu sebesar 5 GHz yaitu pada frekuensi 3,8 – 8,8 GHz. Dengan hal

tersebut bisa diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Bahan dielektrik FR-4 bisa digunakan sebagai alternatif substrat untuk antenna UWB sebagai radar tembus tembok.
- Ukuran dimensi keseluruhan antenna UWB menggunakan substrat FR-4 menjadi lebih kecil dibandingkan dengan menggunakan substrat *Duroid5880*, sesuai dengan perbandingan kedua konstanta dielektrik tersebut.
- Hasil pengukuran menunjukkan bahwa antenna UWB sudah memenuhi karakteristik sebagai antenna radar tembus tembok yaitu bekerja pada frekuensi 3,8 – 8,8 GHz. Pergeseran frekuensi dari simulasi menghasilkan *bandwidth* yang lebih lebar.
- Pergeseran frekuensi, perbedaan *gain*, dan *return loss* pada antenna dapat disebabkan beberapa hal seperti: hasil pabrikasi tidak 100% persis sama dengan desain simulasi, perbedaan desain konektor yang digunakan dalam simulasi dengan pabrikasi, toleransi harga pada bahan dielektrik yang tidak diperhitungkan pada simulasi, dan banyaknya interferensi/*noise* pada saat pengukuran,

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sujendro, H. (2013). *Perekayasa Sistem Antena Untuk SMK/MAK Kelas XI*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- [2] Federal Communication Commission. (2002). *New Public Safety Applications and Broadband Internet Access Among Uses Envisioned by FCC Authorization of UWB Technology*. USA: FCC.
- [3] Office of Communication. (2007). *Electronic Communication – The Wireless Telegraphy (UWB Equipment) Regulation 2007*. UK:OfCom
- [4] Zhu, F. et al. (2011). “Low-Profile Directional Ultra-Wideband Antenna For See-Through-Wall Imaging Applications”. *IEEE Progress In Electromagnetics Research*. 121, 121–139.
- [5] Priyatna, A.P. (2014). *Perancangan Dan Realisasi Antena Mikrostrip Ultra Wideband (Uwb) Berbentuk Dual Elips Untuk Radar Tembus Tembok*. Tugas Akhir Sarjana pada FTE Universitas Telkom Bandung: tidak diterbitkan
- [6] [Rouse, M. (2008). *Definition of Ultra Wideband* (Online). Tersedia:

<http://whatis.techtarget.com/definition/ultra-wideband> [10 Februari 2015]

- [7] Silalahi, M. N. (2013). Analisis Antena Mikrostrip Patch Segiempat Dengan Teknik Planar Array. Tugas Akhir Sarjana pada DTE Universitas Sumatera Utara. Medan: tidak diterbitkan
- [8] Yong dan Daniel. (2008). UHF Microstrip Antenna Design and Simulation (first ed.). Sim University Press.
- [9] Balanis, C. A. (2005). Antena Theory Analysis and Design (third ed.). Willey inc.
- [10] Surjati, I. (2010).