

**DESAIN *HORN* ANTENA UNTUK APLIKASI SENSOR *GROUND BASED*
SYNTHETIC APERTURE RADAR (GB-SAR)**

SKRIPSI

*Diajukan kepada Tim Penguji Skripsi Jurusan Fisika
sebagai salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Sains*



NOFRI ERMASARI

NIM. 1201448/2012

PROGRAM STUDI FISIKA

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2016

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul : Desain *Horn* Antena untuk Aplikasi Sensor *Ground Based Synthetic Aperture Radar* (GB-SAR)
Nama : Nofri Ermasari
NIM / TM : 1201448 / 2012
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 13 April 2016

Disetujui Oleh :

Pembimbing I



Dr. Yulkifli, S.Pd, M.Si

NIP. 19730702 200312 1 002

Pembimbing II



Yohandri, M.Si, Ph.D

NIP. 19780725 200604 1 003

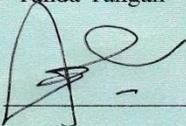
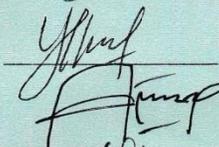
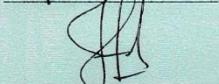
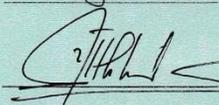
HALAMAN PENGESAHAN

**Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Program Studi Fisika Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang**

Judul : Desain *Horn* Antena untuk Aplikasi Sensor *Ground Based Synthetic Aperture Radar* (GB-SAR)
Nama : Nofri Ermasari
NIM / TM : 1201448 / 2012
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 13 April 2016

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Dr. Yulkifli, S.Pd, M.Si	
2. Sekretaris	: Yohandri, M.Si, Ph.D	
3. Anggota	: Drs. H. Asrizal, M.Si	
4. Anggota	: Drs. Hufri, M.Si	
5. Anggota	: Zulhendri Kamus, S.Pd, M.Si	

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Padang, 13 April 2016



Notri Ermasari

ABSTRAK

Nofri Ermasari : Desain *Horn* Antena Untuk Aplikasi Sensor *Ground Based Synthetic Aperture Radar* (GB-SAR)

Sensor SAR salah satu sensor dalam sistem penginderaan jauh berdasarkan radar. Salah satu jenis sensor SAR adalah GB-SAR yang cocok digunakan negara Indonesia karena dapat memprediksi terjadinya longsor, daya pakai bangunan, penyelidikan arkeologi dan bahan tambang. Pengoperasian sensor GB-SAR menggunakan *horn* antena, tetapi masih banyak digunakan pada aplikasi ruang, selain itu masih digunakan untuk pemetaan longsor dengan bandwidth dan gain yang rendah. Tujuan penelitian ini adalah menentukan pengaruh variasi panjang dan lebar *aperture* dan menentukan model karakteristik *horn* antena untuk sensor GB-SAR.

Penelitian ini mensimulasikan desain *horn* antena untuk menentukan pengaruh dimensi *aperture* terhadap karakteristik piramida *horn* antena. Simulasi dilakukan dengan memvariasikan panjang dan lebar *aperture* piramida *horn* antena. Perangkat yang digunakan dalam simulasi ini *software* HFSS dengan jenis substrat teflon berkonstanta dielektrik 2,1.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa panjang dan lebar *aperture* piramidal *horn* antena mempengaruhi koefisien refleksi dan VSWR, tetapi tidak terlalu signifikan. Namun pengaruh yang signifikan terlihat pada parameter *gain* dan bentuk pola radiasi antena. Semakin besar dimensi *aperture*, semakin besar *gain* antena. Hasil dimensi antena dapat dilihat pada lampiran. Dimensi antena untuk menentukan model karakteristik antena yang diinginkan pada frekuensi kerja 17 GHz dengan *gain* 50,9043 dB, koefisien refleksi -19,804321 dB dan VSWR sebesar 1,288.

Kata Kunci: Penginderaan jauh, piramida *horn* antena.

KATA PENGANTAR

Puji syukur peneliti ucapkan kehadirat Allah SWT, karena berkat anugerah-Nya skripsi yang berjudul “Desain *Horn* Antena Untuk Aplikasi Sensor *Ground Based Synthetic Aperture Radar* (GB-SAR)” ini dapat diselesaikan.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang. Skripsi ini dapat diselesaikan berkat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak baik secara moril maupun secara materil. Oleh sebab itu, pada kesempatan ini peneliti mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Yulkifli, S. Pd, M. Si sebagai Pembimbing I yang telah menyediakan waktu, tenaga, pikiran dan kesabaran untuk membimbing peneliti dalam menyelesaikan skripsi dan sebagai penasehat akademik yang telah memberikan motivasi kepada peneliti.
2. Bapak Yohandri, M. Si, Ph. D sebagai pembimbing II dan juga sebagai sekretaris Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang yang telah menyediakan waktu, tenaga, pikiran dan kesabaran untuk membimbing peneliti dalam menyelesaikan skripsi
3. Bapak Drs. H. Asrizal, M. Si, Bapak Drs. Hufri, M. Si, Bapak Zuhendri Kamus, S. Pd, M. Si sebagai sebagai tim dosen penguji yang telah meluangkan waktu untuk memberikan arahan dan saran kepada peneliti.
4. Ibu Dra. Hidayati, M. Si sebagai sebagai Ketua Program Studi Fisika Jurusan Fisika FMIPA UNP.
5. Ibu Dr. Ratna Wulan, M. Si, sebagai Ketua Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
6. Kepada seluruh staf pengajar Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang yang telah membekali ilmu dan pengetahuan kepada peneliti selama perkuliahan.
7. Kedua orang tua dan semua anggota keluarga yang telah memberikan motivasi baik moril maupun materil.

8. Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang, khususnya rekan-rekan seperjuangan angkatan 2012 yang telah memberikan motivasi dan pengalaman yang berharga selama ini.
9. Semua pihak yang telah membantu peneliti untuk mewujudkan dan menyelesaikan studi yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Peneliti menyadari bahwa dalam tulisan skripsi ini masih terdapat kesalahan dan kelemahan. Untuk itu diharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Peneliti berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi peneliti sendiri maupun bagi pembaca.

Padang, Maret 2016

Peneliti

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah..	1
B. Batasan Masalah..	4
C. Perumusan Penelitian.....	4
D. Pertanyaan Penelitian.....	4
E. Tujuan Penelitian..	5
F. Manfaat Penelitian..	5
BAB II TINJAUAN TEORI	
A. Horn Antena.....	6
B. Parameter Horn Antena..	12
C. <i>Ground Based Synthetic Aperture Radar (GB-SAR)</i>	17
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Jenis Penelitian	24
B. Rancangan Horn Antena.....	25
C. <i>Software</i>	26
D. Variabel Penelitian.....	27
E. Prosedur Penelitian	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil Penelitian	31
1. Hasil Penentuan Pengaruh Variasi Panjang dan Lebar Aperture Terhadap Karakteristi <i>Pyramidal Horn</i> Antena.....	31
2. Model <i>Pyramidal Horn</i> Antena Untuk Sensor GB-SAR Menggunakan <i>Software</i> HFSS.....	39

B. Pembahasan	44
BAB V PENUTUP	
A. Kesimpulan	47
B. Saran..	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN.....	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Blok sistem antenna	6
Gambar 2. Desain <i>horn</i> antenna (a) <i>Pyramida horn</i> antenna, (b) <i>Kerucut horn</i> antenna.....	8
Gambar 3. Bagian-bagian dari <i>Horn</i> Antenna	9
Gambar 4. Jenis-jenis <i>Waveguide</i>	9
Gambar 5. Pola radiasi antenna.....	15
Gambar 6. Blok diagram sistem radar.....	18
Gambar 7. Geometri pencitraan radar	19
Gambar 8. Ilustrasi prinsip kerja sensor SAR.....	20
Gambar 9. Ilustrasi sistem GB-SAR	22
Gambar 10. Ilustrasi cara kerja sensor GB-SAR	23
Gambar 11. Rancangan dimensi <i>horn</i> antenna	26
Gambar 12. Diagram penelitian	28
Gambar 13. Diagram alir simulasi menggunakan <i>software</i> HFSS	30
Gambar 14. Hubungan frekuensi terhadap koefisien refleksi (S_{11}) pada beberapa variasi dimensi <i>aperture</i>	32
Gambar 15. Hubungan frekuensi dengan terhadap <i>Voltage Standing Wave Ratio</i> (VSWR) pada beberapa variasi dimensi <i>aperture</i>	34
Gambar 16. Hubungan gain antenna terhadap θ pada beberapa variasi dimensi <i>aperture</i>	36
Gambar 17. Pola radiasi (a) dengan tinggi <i>aperture</i> 30 mm (b) tinggi <i>aperture</i> 40 mm (c) tinggi <i>aperture</i> 50 mm	38
Gambar 18. Model <i>pyramidal horn</i> antenna	39
Gambar 19. Model <i>pyramidal horn</i> antenna dengan ukuran variasi dimensi paling kecil	41
Gambar 20. Model <i>pyramidal horn</i> antenna dengan ukuran variasi dimensi tinggi <i>aperture</i> 40 mm.....	42
Gambar 21. Model <i>pyramidal horn</i> antenna dengan ukuran variasi dimensi tinggi <i>aperture</i> 50 mm.....	43

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Data hasil simulasi karakteristik piramida horn antenna pada dimensi $L_h = 30$ mm dengan $A = 39,85$ mm dan $B = 32,5$ mm 53
- Lampiran 2. Data hasil simulasi karakteristik piramida horn antenna pada dimensi $L_h = 40$ mm, dengan $A = 45,95$ mm dan $B = 37,52$ mm58
- Lampiran 3. Data hasil simulasi karakteristik piramida horn antenna pada dimensi $L_h = 50$ mm, dengan $A = 51,38$ mm dan $B = 41,95$ mm....63
- Lampiran 4. Proses simulasi pada *software* HFSS.....68
- Lampiran 5. Hasil simulasi piramida horn antenna dari *software* HFSS pada dimensi $L_h = 30$ mm dengan $A = 39,85$ mm dan $B = 32,5$ mm.....72
- Lampiran 6. Hasil simulasi piramida horn antenna dari *software* HFSS pada dimensi $L_h = 40$ mm, dengan $A = 45,95$ mm dan $B = 37,52$ mm....75
- Lampiran 7. Hasil simulasi piramida horn antenna dari *software* HFSS pada dimensi $L_h = 50$ mm, dengan $A = 51,38$ mm dan $B = 41,95$ mm....78

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Sensor *Synthetic Aperture Radar* (SAR) merupakan salah satu sensor yang digunakan dalam sistem penginderaan jarak jauh (*remote sensing*) berdasarkan *Radio Detection and Ranging* (radar). Radar merupakan penginderaan dengan melakukan pemancaran dan penerimaan gelombang elektromagnetik dalam spektrum radio untuk memperoleh informasi tentang objek yang jauh. Sensor SAR adalah radar citra (*imaging radar*) yang bekerja dengan menggunakan gerak relatif antara antena dan target untuk menstimulasikan antena yang cukup besar. Sensor SAR mengolah magnitudo dan fase dari pantulan sinyal yang dikirim untuk menghasilkan gambar penginderaan jauh beresolusi tinggi.

Sensor SAR memiliki beberapa keunggulan dari sensor optik, diantaranya dapat beroperasi pada segala cuaca di bawah kondisi atmosfer apapun (misalnya melalui awan, hujan, kabut, asap dan lingkungan berdebu), bahkan *canopy* di hutan dan mampu beroperasi kapan saja baik siang maupun malam. Sehingga sensor SAR untuk penginderaan jauh berdasarkan radar sangat cocok digunakan di wilayah Indonesia, karena wilayah Indonesia memiliki waktu tutupan awan cukup besar yakni 55% (Seze, 2011: 28416). Lapisan awan akan menghalangi perekaman data jika menggunakan penginderaan jarak jauh menggunakan sensor optik. Kegunaan sensor SAR untuk penginderaan jarak jauh dapat membantu mengelola infrastruktur, pemetaan lahan, pemantauan dampak bencana alam, mengkalifikasikan tanaman,

ketahanan pangan dan pertanian, serta melihat kondisi hutan termasuk kebakaran hutan dan sebagainya. Salah satu jenis sensor SAR adalah sensor *Ground Based Synthetic Aperture Radar* (GB-SAR).

Sensor GB-SAR merupakan salah satu jenis dari sensor SAR yang ditempatkan di atas tanah, bangunan atau kendaraan darat, bukan di wahana antariksa atau pesawat. GB-SAR memiliki kelebihan dibandingkan dengan satelit atau berdasarkan sensor SAR. Karena GB-SAR memiliki kemampuan pemeriksaan perubahan bentuk objek secara cepat yang menghasilkan pencitraan dengan resolusi yang tinggi. Hardware dari sensor GB-SAR relatif murah dan cepat dalam pengambilan data serta pelaksanaan sistem yang mudah. Aplikasi GB-SAR dapat digunakan untuk analisis beban statis dan dinamis konstruksi yang berbeda seperti jembatan dan bangunan, pemantauan longsor, pemantauan gerakan lereng tambang, gerakan gempa, pemantauan lingkungan, pencegahan bencana dan sebagai pendeteksi bahan galian tambang.

Secara umum sensor GB-SAR memancarkan gelombang berdasarkan prinsip-prinsip yang sama dengan sensor SAR. GB-SAR dapat memperoleh data dengan resolusi spasial yang sangat tinggi dengan daerah yang diamati tidak seluas sensor yang diudara. Oleh karena itu, sensor GB-SAR baik digunakan untuk negara Indonesia yang memiliki banyak bahan tambang dan rawan gerakan tanah, seperti untuk melihat pergerakan kemiringan tanah memprediksi terjadinya longsor, melihat infrastruktur bangunan gedung, jembatan dan terowongan untuk memprediksi daya pakainya, melihat serta untuk penyelidikan arkeologi dan deteksi bahan tambang.

Sensor GB-SAR dalam pengoperasiannya menggunakan antena. Antena adalah sebuah struktur perangkat berupa kabel koaksial atau pandu gelombang yang berguna untuk mentransmisikan pulsa gelombang elektromagnetik menuju daerah yang dituju dan mengumpulkan kembali pantulan gelombang sinyal untuk dikonversi ke nomor digital serta menyimpan nilai data untuk diolah dan ditampilkan.

Penelitian menggunakan sensor GB-SAR yang telah dilakukan sebelumnya oleh (Hamasaki, 2004) dengan menggunakan *horn* antena untuk mendeteksi perubahan sekecil apapun pada waktu berbeda dan kondisi yang berbeda pada sebuah dinding rumah yang hanya beroperasi pada rentang frekuensi 2 GHz sampai 8.4 GHz dengan jarak kerja 5 meter. *Horn* antena yang telah dibuat pada penelitian lainnya (Banu, 2013) memberikan bandwidth 13 GHz yang hanya dioperasikan dalam aplikasi ruang, dan rentang frekuensi yang rendah. *Horn* antena yang diaplikasikan pada sensor GB-SAR belum digunakan untuk deteksi pergerakan tanah, hanya digunakan untuk pemetaan longsor di San Fransisco masih mempunyai bandwidth dan *gain* yang kecil (Bardi, 2014). Oleh karena itu peneliti tertarik melakukan penelitian desain bentuk *horn antena* dengan variasi lebar dan panjang dari *aperture* dari *horn* antena untuk pengembangan sensor GB-SAR sehingga bisa digunakan di negara Indonesia untuk deteksi pergerakan tanah.

Berdasarkan permasalahan yang telah di uraikan sebelumnya, maka peneliti merasa tertarik mengembangkan *horn* antena sebagai aplikasi dari sensor GB-SAR dengan judul penelitian ini adalah “Desain *Horn* Antena Untuk Aplikasi Sensor *Ground Based Synthetic Aperture Radar* (GB-SAR)”.

B. Batasan Masalah

Agar penelitian yang dilakukan lebih terarah dan terfokus karena keterbatasan pengetahuan dan kemampuan diri peneliti, maka perlu adanya batasan penelitian.

Adapun pembatasan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Simulasi antena yang dirancang berbentuk *pyramidal horn* antena dengan variasi dimensi *aperture*
2. Simulasi desain dimensi *horn* antena dioptimalkan dengan menggunakan *software* HFSS.

C. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini. Perumusan masalah dalam penelitian ini yaitu “*Bagaimana Desain Horn Antena untuk Aplikasi Sensor Ground Based Synthetic Aperture Radar (GB-SAR)?*”.

D. Pertanyaan Penelitian

Dari penelitian yang akan dilakukan ini terdapat beberapa pertanyaan yang akan dijawab. Sebagai pertanyaan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi panjang dan lebar *aperture* terhadap karakteristik *horn* antena?
2. Bagaimana karakteristik model *horn* antena untuk aplikasi sensor GB-SAR menggunakan *software* HFSS?

E. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk menjawab pertanyaan dari masalah-masalah yang telah diungkapkan sebelumnya. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk:

1. Menentukan pengaruh variasi panjang dan lebar *aperture* terhadap karakteristik *horn* antena
2. Menentukan model *horn* antena untuk sensor GB-SAR menggunakan *software* HFSS.

F. Manfaat Penelitian

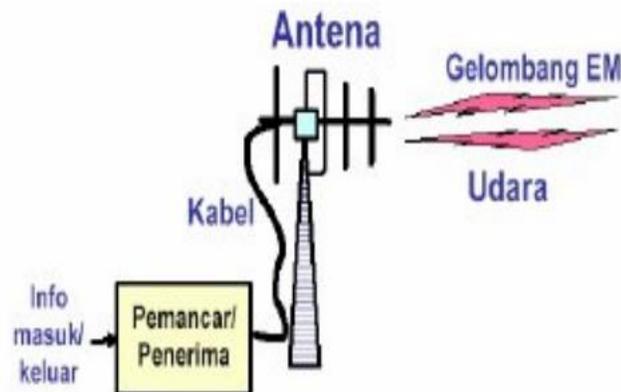
Setiap kegiatan yang dilakukan tentu memiliki manfaat bagi beberapa pihak. Penelitian ini diharapkan bermanfaat untuk beberapa pihak, diantaranya sebagai berikut:

1. Pemerintah pusat ataupun daerah dalam mitigasi bencana alam
2. Bidang kajian elektronika dan instrumentasi ataupun jurusan fisika, sebagai acuan pengembangan ilmu dan teknologi yang berkembang sehingga melahirkan ide-ide baru yang lebih inovatif
3. Peneliti lain, sebagai referensi untuk peneliti lain dalam pengembangan antena untuk radar
4. Peneliti, sebagai pengembangan diri dalam bidang penelitian fisika dan syarat untuk menyelesaikan Program Studi Fisika S1.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. *Horn Antena*

Antena menurut (Krauss, 1988: 2) adalah struktur antara ruang bebas yang dibimbing oleh perangkat yang berupa kabel koaksial atau pandu gelombang. Perangkat ini berguna untuk menggerakkan energi elektromagnetik dari sumber pemancar ke antena atau dari antena ke penerima. Antena merupakan transduser yang mengubah arus listrik menjadi gelombang elektromagnetik yang dipancarkan ke udara atau sebaliknya. Dalam sistem komunikasi radio, gelombang elektromagnetik berjalan dari pemancar ke penerima melalui udara dan diperlukan antena pada kedua ujung tersebut untuk keperluan penggandengan (*coupling*) pemancar dan penerima dalam hubungan ruang. Secara umum bentuk blok sistem antena terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok sistem antena (Fauziah, 2010: 8).

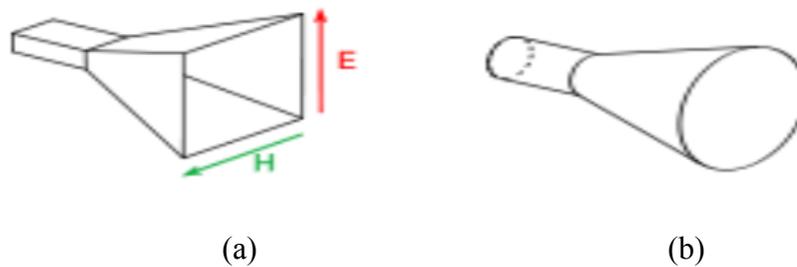
Berdasarkan fungsinya antena dapat dibedakan menjadi dua yakni antena pemancar dan antena penerima (Balanis, 2005: 1). Antena dalam kehidupan sehari-

hari yang banyak dikenal seperti antena yang terdapat pada radio, handphone dan sebagainya. Salah satu jenis antena yang sering digunakan aplikasi sensor GB-SAR adalah *horn* antena.

Awal pertama kali *horn* antena muncul pada awal tahun 1800-an, walaupun sempat terabaikan pada tahun 1900-an tetapi kembali digunakan pada tahun 1930-an. *Horn* antena merupakan salah satu antena microwave yang banyak dipakai sebagai pemancar untuk satelit dan peralatan komunikasi di seluruh dunia (Balanis, 2005: 59).

Kemudahan yang dimiliki oleh *horn* antenna sehingga banyak digunakan menurut (Dehdasht, 2008: 24) diantaranya terdapat pada kemudahan pada pembuatannya, kekuatan *gain* yang besar, serta kemampuan daya total *horn* antena dalam memancarkan gelombang elektromagnetik. Penggunaan yang luas merupakan pengaruh dari kemudahan pembuatan *horn* antena dan kekuatan *gain* yang besar serta kemampuan daya total dalam memancarkan gelombang elektromagnetik sehingga *horn* antena ini banyak dipakai. *Horn* antena memiliki keuntungan lainnya ketika digunakan yaitu dapat menekan sinyal yang tidak diinginkan dari pancaran sinyal dan menyediakan tingkat direktivitas yang signifikan, hal ini terjadi karena adanya kecocokan pada impedansi yang di pandu gelombang untuk ruang bebas atau sebaliknya. *Horn* antena juga berfungsi sebagai media pemotong sinyal masuk untuk diproses pada sistem. Selain itu, menurut (Daniyan, 2014: 706) *horn* antena juga memiliki *gain* yang tinggi, *bandwidth* yang relatif lebar dan tidak berat.

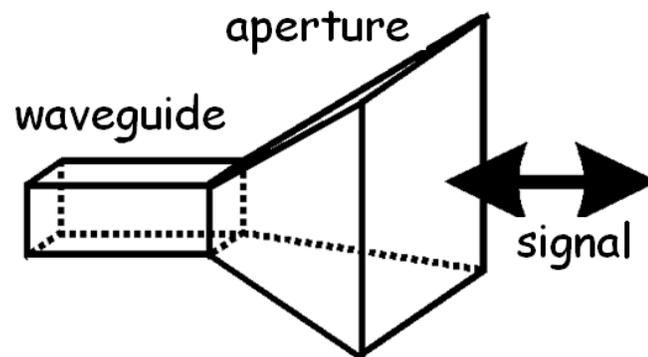
Horn antenna banyak digunakan sebagai radiator langsung atau sebagai pakan untuk reflector parabola. Biasanya, *horn* antenna terdiri dari *aperture* yang terhubung ke *waveguide* melalui wilayah yang menyediakan transisi yang mulus antara *waveguide* dan ruang bebas (Kishk, 2002: 148). *Horn* antenna memiliki dua tipe dasar, yaitu berbentuk piramida dan kerucut seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain *horn* antenna (a) Piramida *horn* antenna, (b) Kerucut *horn* antenna (Daniyan, 2014:706).

Dari Gambar 2 terlihat bahwa *horn* antenna yang memiliki pelebaran di dua bidang utamanya, yaitu *horn* antenna sektor E dan *horn* antenna sektor H. Sebagai konsekuensi logis dari pelebaran di dua sektor ini, maka pemfokusan (*gain*) energi juga terjadi di dua bidang utama. Impedansi dicocokkan dengan jalur transmisi frekuensi, gelombang berdiri menyebabkan gelombang ditransmisikan ke fungsi yang salah. Ketika *waveguide* tanpa *horn* dioperasikan, dinding konduktif yang berhadapan atau udara bebas yang ditransmisi gelombang mikro menyebabkan perubahan mendadak antarmuka impedansi. Hal ini sering disebut dengan gelombang hilang.

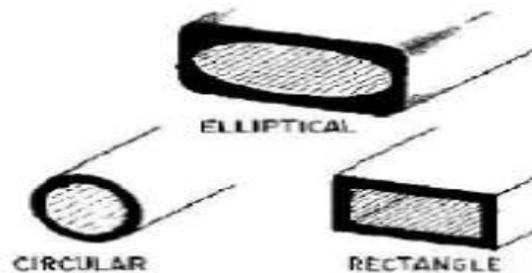
Sebuah *horn* antenna terdiri dari bagian *aperture* dan bagian *waveguide*. Bagian *aperture* dan bagian *waveguide* memiliki fungsi masing-masing dalam operasi *horn* antenna. Bagian-bagian *horn* antenna tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Bagian-bagian dari *horn* antena.

1. *Waveguide*

Saluran tunggal yang berfungsi untuk menghantarkan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi 300 MHz- 300 GHz. *Waveguide* merupakan media transmisi yang berfungsi memandu gelombang pada arah tertentu. Secara umum *waveguide* terbagi atas tiga yaitu, *rectangular waveguide* (*waveguide* dengan penampang persegi), *circular waveguide* (*waveguide* dengan penampang lingkaran), dan *ellips waveguide* (*waveguide* dengan penampang ellips) seperti yang terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Jenis-jenis *waveguide* (Fauziah, 2010: 17).

Faktor-faktor dalam pemilihan *waveguide* sebagai saluran transmisi adalah transmisi daya kerja yang tergantung pada dimensi, band frekuensi yang tergantung pada bahan dan rugi-rugi transmisi tergantung pada mode yang digunakan. Dalam *waveguide* mempunyai dua karakteristik yaitu:

- a. Frekuensi cut off ditentukan oleh dimensi *waveguide*
- b. Mode gelombang yang ditransmisikan, memperlihatkan ada tidaknya medan listrik atau medan magnet pada arah rambat

Pada frekuensi diatas 1 GHz saluran transmisi yang layak sebagai media transmisi gelombang elektromagnetik (*microwave*) adalah *waveguide*. *Waveguide* merupakan konduktor logam (biasanya terbuat dari brass atau aluminium) yang berongga didalamnya, yang pada umumnya mempunyai penampang berbentuk persegi (*rectangular waveguide*) atau lingkaran (*circular waveguide*).

Saluran *waveguide* digunakan sebagai pemandu gelombang dari suatu sub sistem ke sub sistem yang lain. Pada umumnya di dalam *waveguide* berisi udara, yang mempunyai karakteristik mendekati ruang bebas. Sehingga pada *waveguide* persegi medan listrik E harus ada dalam *waveguide* pada saat yang bersamaan harus nol di permukaan dinding *waveguide* dan tegak lurus. Sedangkan medan H juga harus sejajar di setiap permukaan dinding *waveguide*.

Pyramidal *horn* antenna menggunakan *waveguide* standar antenna *horn* persegi (*Waveguide Rectangular / WR*). Standar *waveguide* untuk pyramida *horn* antenna dibedakan atas frekuensi kerja yang digunakan (Roy, 2015: 490). Jenis-jenis *waveguide* dari pyramidal *horn* antenna dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis-jenis *waveguide* pyramidal *horn* antenna berdasarkan frekuensi kerja

No.	Jenis <i>Waveguide</i>	Range Frekuensi Kerja Yang Digunakan (GHz)	Dimensi	
			Panjang a (cm)	Lebar b (cm)
1	WR 650	1,12 – 1,7	16,9	8,66
2	WR 430	1,71 – 2,6	11,3	5,87
3	WR 254	2,61 – 3,95	7,62	3,81
4	WR 187	3,96 – 5,85	5,08	2,54
5	WR 137	5,86 – 8,2	3,81	1,91
6	WR 90	8,21 – 12,4	2,54	1,27
7	WR 62	12,41 – 18	1,78	0,99
8	WR 42	18,1 – 26,5	1,27	0,64
9	WR 28	26,51 – 40	0,91	0,56
10	WR 19	40,1 – 60	0,68	0,44
11	WR 12	60,1 – 90	0,51	0,36
12	WR 8	90,1 – 140	0,20	0,20
13	WR 5	140,1 – 220	0,20	0,20
14	WR 3	220,1 – 325	0,20	0,20

Dari Tabel 1 terlihat frekuensi kerja masing-masing dari *waveguide* sesuai dengan penggunaan *waveguide* berdasarkan frekuensi yang diinginkan pada setiap rentang kerja frekuensi.

2. *Aperture*

Struktur antenna yang berupa luasan yang dilalui gelombang elektromagnetik disebut luasan antenna (*aperture* antenna). *Aperture* dapat menangkap atau menerima sinyal lebih baik. Salah satu antenna yang memakai *aperture* antenna adalah *horn* antenna. Antenna yang memakai *aperture* sangat mudah digunakan untuk beberapa aplikasi, karena dapat menjulang dan dapat mencakup luas dengan dielektrik materialnya melindungi dari kondisi lingkungan yang berbahaya (Balanis, 2005: 653).

3. Subtrat Dielektrik

Selain waveguide dan *aperture*, bagian dari *horn* antenna yang lainnya adalah subtrat dielektrik. Subtrat dielektrik adalah jenis material *waveguide* yang dapat digunakan dengan berbagai spesifikasi sesuai dengan karakter antenna yang diinginkan. Terdapat dua fungsi substrat yakni sebagai elektrik dan mekanik. Secara elektrik substrat merupakan integral dari garis transmisi, lintasan, dan antenna. Secara mekanik substrat berfungsi sebagai pendukung dari struktur antenna.

Subtrat antenna dimodifikasi merupakan salah satu upaya dalam menaikkan efisiensi kerja antenna. Teknik ini sangat mudah dan tidak memakan biaya yang banyak untuk peralatan, penyediaan lebar jalur dan efisiensi yang tinggi. Teknik lain untuk mengontrol pola radiasi elektromagnetik *horn* antenna adalah memasukan semua macam bentuk dari konstanta dielektrik bahan (Balanis. 2005: 797).

B. Parameter *Horn* Antena

Dalam perancangan *horn* antenna ada beberapa besaran/parameter yang harus dipertimbangkan. Parameter-parameter yang digunakan dalam sistem *horn* antenna yaitu:

1. Lebar *aperture*

Lebar *aperture* adalah lebar celah yang dibutuhkan *horn* antenna, baik pada bidang E maupun bidang H tergantung pada panjang gelombang yang diinginkan dan kemiringan panjang *aperture* di kedua arah seperti persamaan (1) dan (2) (Daniyan, 2014: 706).

$$A = \sqrt{3\lambda}L_h \quad (1)$$

$$B = \sqrt{2\lambda}L_h \quad (2)$$

Dimana A adalah panjang *aperture*, L_h adalah tinggi *aperture*, B adalah lebar *aperture* dan λ adalah panjang gelombang yang ditetapkan dari frekuensi kerja antenna yang dirancang.

2. *Bandwith*

Sistem pemancar atau penerima dalam memakai sebuah antenna selalu dibatasi oleh daerah frekuensi kerjanya. Pada rentang frekuensi kerja tersebut antenna dituntut harus dapat bekerja dengan efektif agar ia dapat menerima distribusi arus dan impedansi dari antenna pada rentang frekuensi tersebut belum banyak mengalami perubahan yang berarti. Sehingga pola radiasi yang sudah direncanakan serta VSWR yang dihasilkannya masih belum keluar dari batas yang diijinkan. Daerah frekuensi kerja menurut (Fauziah, 2010: 13) dimana antenna masih dapat bekerja dengan inilah yang dinamakan *Bandwith* antenna. *Bandwidth* dapat diketahui dengan menggunakan rumus persamaan (3) (Balanis, 2005:67).

$$Bandwidth(\%) = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100\% \quad (3)$$

Dimana, f_2 adalah frekuensi tertinggi, f_1 adalah frekuensi terendah, f_c adalah frekuensi tengah. *Bandwith* pada *horn* antenna dapat diopersikan dari 1 GHz – 20 GHz. (Daniyan, 2014: 707).

Bandwidth antenna merupakan daerah rentang frekuensi antenna agar dapat bekerja secara efektif. *Bandwith* antenna dapat dilihat dari rentang nilai koefisien

refleksi (S_{11}) \leq -10 dB. Koefisien refleksi adalah nilai numerik yang menunjukkan banyaknya sinyal yang dipantulkan kembali ke kabel dari peralatan, semakin kecil nilai Koefisien refleksi (S_{11}) dari -10 dB akan semakin baik karena menunjukkan kurangnya refleksi (Roy, 2015: 491).

3. Gain (G)

Parameter lain yang juga akan mempengaruhi dalam menggambarkan kinerja antenna yaitu *gain*. *Gain* merupakan perbandingan antara intensitas pada arah tertentu dengan intensitas radiasi yang diperoleh jika daya yang diterima teradiasi secara isotropik.

Gain dari *horn* antenna berbentuk piramida menurut (Daniyan, 2014: 707) adalah perbandingan antara kuat intensitas sepanjang poros tiang antenna dengan intensitas antenna isotropic dengan daya input yang sama. *Horn* yang optimal mendapatkan *gain* yang maksimum untuk panjang *horn*, juga tergantung ukuran *aperture*. *Gain* dari *horn* antenna berbentuk piramida seperti persamaan (4).

$$G = \frac{4\pi A}{\lambda^2} E_a \quad (4)$$

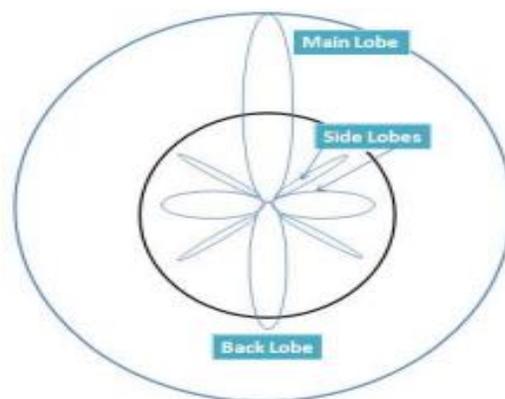
Dimana, A adalah luas *aperture*, λ adalah panjang gelombang, E_a adalah efisiensi *aperture* yang biasanya antara 0-1.

Efisiensi *aperture* adalah faktor dimensi yang meningkat seiring panjang *horn*. Biasanya, *horn* antenna memiliki efisiensi yang berkisar dari 0,4-0,8. *Horn* antenna yang berbentuk piramida secara optimal memiliki efisiensi 0,511 dan yang

berbentuk kerucut 0,522. Namun biasanya, secara umum untuk perkiraan digunakan nilai efisiensi adalah 0,5 (Daniyan, 2014: 707).

4. Pola radiasi antenna

Salah satu parameter penting dari suatu antenna adalah pola radiasi (*radiation pattern*). Parameter ini sering dijumpai dalam spesifikasi suatu antenna agar pembaca dapat membayangkan bentuk pancaran yang dihasilkan oleh antenna tersebut. Pola radiasi disebut juga pernyataan secara grafis yang menggambarkan sifat radiasi dari antenna (pada medan jauh) sebagai fungsi dari arah dan penggambarannya dapat dilihat pada diagram pola radiasi yang sudah diplot sesuai dengan hasil pengukuran sinyal radiasi dari suatu antenna, sehingga pembaca dapat membayangkan bentuk pancaran yang dihasilkan oleh antenna tersebut (Julyasar. 2011: 2). Pola radiasi antenna terjadi karena adanya gelombang elektromagnetik yang dipancarkan melalui udara bebas dalam bentuk radiasi. Bentuk pancaran radiasi *horn* antenna terdiri dari *main lobe*, *side lobe* dan *back lobe* seperti terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pola radiasi *horn* antenna (Khandaker, 2010: 37).

Lobe utama (*main lobe*) adalah *lobe* yang mempunyai arah dengan pola radiasi maksimum. Biasanya juga ada *lobe-lobe* yang lebih kecil dibandingkan dengan *main lobe* yang disebut dengan *minor lobe*, *side lobe* yang arah *lobe* kesamping dan *back lobe* yang arah radiasinya berlawanan arah dengan *main lobe*.

5. Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

VSWR adalah perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri maksimum (V_{maks}) dengan amplitudo gelombang berdiri minimum (V_{min}). terdapat dua komponen gelombang tegangan pada saluran transmisi yaitu tegangan yang dikirimkan (V_0^+) dan tegangan yang direfleksikan (V_0^-). Perbandingan tegangan yang dikirimkan dengan tegangan yang direfleksikan disebut koefisien refleksi tegangan (Γ), dinyatakan dalam persamaan (5).

$$\Gamma = \frac{V_0^+}{V_0^-} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (5)$$

Dengan Z_L adalah impedansi beban, Z_0 adalah impedansi saluran *lossless*. Maka nilai VSWR adalah sesuai persamaan (9).

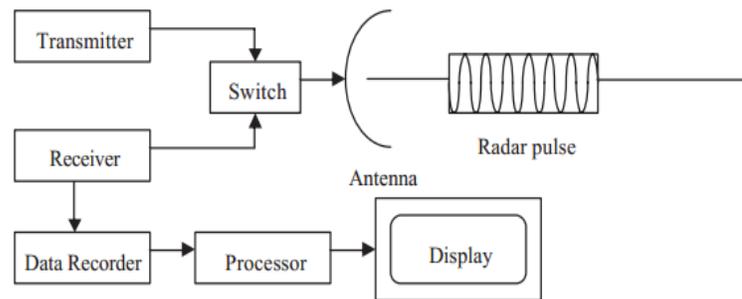
$$S = \frac{|V_{\text{maks}}|}{|V_{\text{min}}|} = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \quad (6)$$

Jika VSWR bernilai 1 berarti saluran antena dalam keadaan matching sempurna maka kondisi ini antena dikatakan baik, karena semua daya yang diradiasikan antenna pemancar diterima oleh antenna penerima (match). Namun keadaan ini sulit ditemui dalam kenyataan, tetapi nilai VSWR tetap dianggap baik jika $VSWR \leq 2$. Semakin besar nilai VSWR menunjukkan daya yang dipantulkan juga semakin besar dan semakin tidak match (Roy, 2015: 491).

C. *Ground Based Synthetic Aperture Radar (GB-SAR)*

Sensor *Ground Based Synthetic Aperture Radar (GB-SAR)* adalah salah satu jenis dari sensor *Synthetic Aperture Radar (SAR)* yang ditempatkan diatas tanah, bangunan, atau kendaraan darat bukan di wahana antariksa atau pesawat. Sensor SAR adalah sensor pencitraan yang digunakan untuk survey bumi pada segala waktu dan cuaca dengan mengirimkan gelombang elektromagnetik dan menghasilkan Gambar dari pulsa yang diterimanya (Iqbal, 2013: 209). Sensor SAR merupakan salah satu sensor yang digunakan dalam sistem penginderaan jauh (*remote sensing*) berdasarkan *Radio Detection and Ranging imaging* (radar pencitraan). Radar pencitraan memiliki aplikasi yang bisa digunakan untuk eksplorasi minyak, pemetaan geologi, hidrologi, studi ekosistem dan aplikasi lainnya (Henderson, 1998).

Radar bekerja seperti kamera flash tapi pada frekuensi radio. Sistem radar yang khas terdiri dari transmitter, switch, antena, penerima dan perekam data pemancar menghasilkan daya gelombang elektromagnetik tinggi dipanjang gelombang radio. Saklar mengarahkan pulsa ke antena dan kembali menggema ke penerima. Antena mentramisikan pulsa elektromagnetik menuju daerah yang akan dicitrakan dan mengumpulkan gema kembali. Sinyal kembali akan dikonversi ke nomor digital oleh penerima dan fungsi perekam data untuk menyimpan nilai data untuk pengolahan selanjutnya dan menampilkan. Blok diagram dari sistem radar terlihat pada Gambar 6.

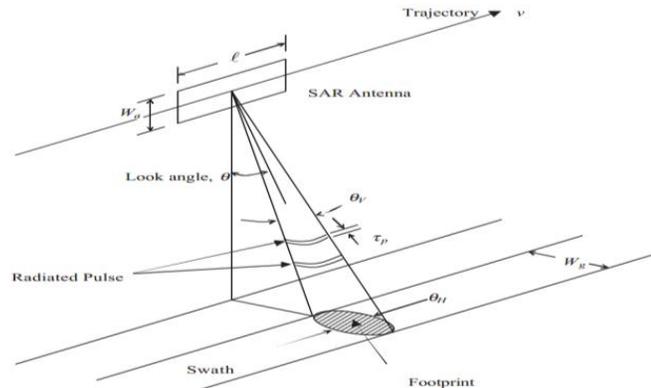


Gambar 6. Blok diagram sistem radar (Chan, 2008: 32).

Gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh pemancar bergerak dengan kecepatan cahaya (c), dengan mengukur interval waktu antara sinyal yang ditransmisi dan sinyal yang diterima diperoleh jarak dari radar ke target R pada persamaan (10)

$$R = \frac{c\tau}{2} \quad (7)$$

Radar merupakan sensor aktif, memiliki keunggulan dari sensor optik yaitu dapat menembus hujan dan awan pada panjang gelombang tertentu sehingga bisa beroperasi pada berbagai kondisi cuaca dan dapat mengiluminasi target tanpa bergantung pada sumber lain sehingga memungkinkan sensor radar tersebut pada siang dan malam. Penggunaan sensor aktif untuk penginderaan jarak jauh (*remote sensing*) sangat cocok untuk daerah tropis karena dapat menembus awan pada daerah tropis yang memiliki waktu tutupan awan yang lebih besar (Chan, 2008: 28). Bentuk geometri pencitraan radar dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Geometri pencitraan radar (Chan, 2008: 34).

Dari Gambar 7 memperlihatkan bentuk fisik *aperture* radar dengan lebar W yang terlihat memiliki panjang l menghasilkan sinar RF yang sudut di track 3 dB beamwidth antenna adalah θ_v dan θ_H masing-masing. θ_v ditentukan oleh lebar antenna, panjang antenna, dan panjang gelombang sinyal yang dikirimkan (λ). Hubungan ini sesuai persamaan (11).

$$\theta_v = \frac{\lambda}{W_a} \quad (8)$$

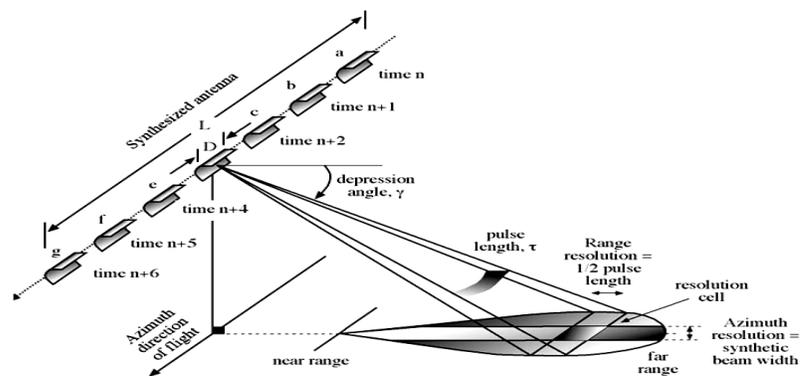
Antena yang menjulang diatas platform seperti pesawat terbang yang terbang sesuai garis edar dengan kecepatan v menerangi semua daerah yang dilalui garis edar (pada Gambar footprint) diatas ground pesawat terbang pindah ke arah garis edar yang diterangi. Lebar petak ground sesuai dengan persamaan (12) (Chan, 2008: 33).

$$W_g = \frac{\lambda R}{W_a \cos \theta} \quad (9)$$

Dimana θ adalah timbulnya sudut dari yang disorot, R adalah jarak kemiringan dari antenna ke titik poin petak.

Salah satu jenis sensor dalam sistem penginderaan jarak jauh (*remote sensing*) berdasarkan radar pencitraan adalah sensor *Ground Based Synthetic Aperture Radar* (GB-SAR). Sensor GB-SAR memiliki prinsip-prinsip yang sama dengan sensor SAR, perbedaannya terletak pada tempat peletakan sensor. Sensor GB-SAR diletakan di tanah, sedangkan sensor SAR diletakan di wahana antariksa atau pesawat. GB-SAR dapat memperoleh data dengan resolusi spasial yang sangat tinggi dengan daerah yang diamati tidak seluas sensor yang diudara resolusi ground radar didefinisikan sebagai kemampuan sistem untuk membedakan antara dua sasaran di tanah.

Prinsip sensor GB-SAR yang sama dengan sensor SAR, Sensor SAR menggunakan system pandangan samping (*side looking*), setiap pulsa yang diterima pantulannya dari pulsa yang dipancarkan pemancar akan direkam oleh system penerima. Melalui penyaringan sinyal-sinyal data yang direkam sepanjang lintasan pergerakan sensor dan diolah akan menghasilkan Gambar atau citra dengan resolusi tinggi. Prinsip kerja sensor seperti terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Ilustrasi prinsip kerja sensor SAR (Faisal, 2011: 14).

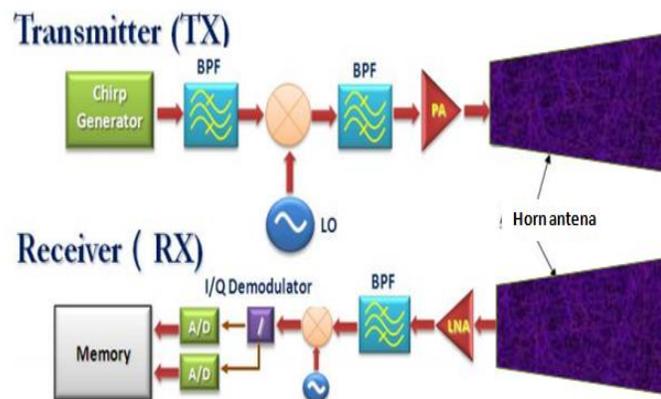
Data *microwave* elektromagnetik yang diterima dari pantulan target oleh GB-SAR diolah dan dapat dieksploitasi untuk melakukan pemantauan struktur dan pemantauan medan. Aplikasi sistem GB-SAR untuk pemantauan struktur adalah untuk pemantauan statis, perpindahan atau deteksi deformasi selama pekerjaan pembangunan, pendeteksi keretakan pada bangunan dan jembatan dan deteksi frekuensi resonansi, sedangkan untuk pemantauan medan adalah untuk deteksi penurunan daerah perkotaan, deteksi bahan galian tambang, deteksi pergerakan tanah/longsor.

Sensor GB-SAR dalam memantau fenomena deformasi tanah dan deteksi keretakan pada bangunan dan jembatan bekerja pada prinsip perbandingan antara dua Gambar dari sensor yang diperoleh pada waktu berbeda. GB-SAR juga dapat diletakkan ditempatkan didepan lereng curam yang memungkinkan memperoleh informasi yang berguna tentang pengukuran perpindahan tanah dengan presisi tinggi. Pemetaan tanah longsor juga dipengaruhi oleh ukuran tanah longsor, sudut pandang penyidik, adanya vegetasi yang menutup pemetaan (Bardi, 2014: 45).

Sistem GB-SAR dalam penggunaannya dibantu oleh analisis interferometri menyediakan data pada perpindahan objek, ukuran perpindahan dengan akurasi 1 mm dan teknik SAR untuk menyediakan resolusi gambar yang tinggi dalam membentuk peta pemantauan perpindahan medan atau struktur. Sistem GB-SAR mentransmisikan langkah demi langkah, gelombang kontiniu pada nilai frekuensi diskrit (ECC Report, 2007: 11). GB-SAR banyak digunakan untuk aplikasi pemantauan secara terus-menerus terhadap suatu target tertentu. Pengukuran

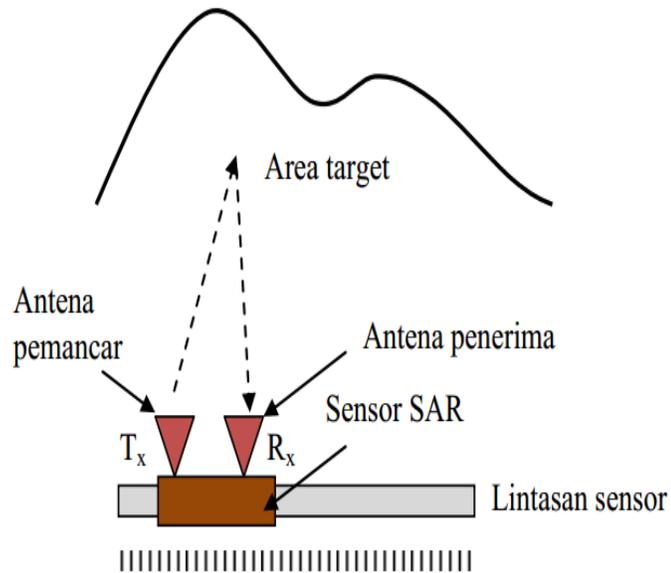
perubahan data tiap waktu dilakukan pemasangan sensor secara permanen. Pengukuran data pemetaan longsor oleh sensor GB-SAR dibutuhkan frekuensi dalam interval Ku-Band yaitu pada interval frekuensi 12 GHz sampai 18 GHz (Bardi, 2014: 53).

Sistem GB-SAR terdiri dari antenna untuk transmisi dan penerimaan. Antena bergerak sesuai *bandwidth* dan pemancar memberikan gelombang pada frekuensi diskrit (Faisal, 2011: 29). Transmitter terdiri atas *chirp generator*, *bandpass filter* (BPF), *local osilator* (LO), *power amplifier* (PA) dan sebuah saklar (*switch*). Sedangkan penerima terdiri atas *low-Noise Amplifier* (LNA), saklar untuk mengurangi pengaruh antenna pada *transmitter* dan *receiver*, I/Q demodulator untuk menghasilkan data in-phase dan *quadrature* (phase), analog/digital (A/D) converter dan sebuah memori. Data yang tersimpan diolah melalui beberapa tahap seperti *range compression*, *corner turn*, *azimuth compressions* dan sebagainya sehingga dihasilkan gambar SAR. Seperti ilustrasi sistem GB-SAR pada Gambar 9.



Gambar 9. Ilustrasi sistem GB-SAR.

Sensor GB-SAR bekerja seperti sensor SAR. Perbedaan GB-SAR dengan sensor SAR terletak pada pemasangan dan penggunaan, sensor GB-SAR dipasang permanen pada suatu posisi dan bergerak sepanjang lintasan, dengan cara memancarkan gelombang elektromagnetik menuju target area dan menangkap sinyal pantulan dari target. Sensor GB-SAR dipasang di darat bukan di wahana anatariksa atau udara seperti pemasangan sensor SAR. Ilustrasi cara kerja sensor GB-SAR terlihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Ilustrasi cara kerja sensor GB-SAR (Yohandri, 2015: 12).

Sensor GB-SAR bergerak sepanjang lintasan sensor sambil menembakan sinyal dengan antenna pemancar dan menangkap sinyal dengan antenna penerima, pantulan setiap berubah posisi dalam lintasan akan diproses, data sinyal pantulan disimpan dalam memory system dan diproses untuk menghasilkan gambar.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Penelitian yang dilakukan telah menjawab pertanyaan dari masalah-masalah yang telah diungkapkan sebelumnya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil simulasi desain pyramidal *horn* antenna untuk aplikasi sensor GB-SAR pada pendeteksian gerakan tanah (longsor) adalah adanya pengaruh panjang dan lebar *aperture* pyramidal *horn* antenna terhadap karakteristik antenna pada frekuensi 17 GHz. Panjang dan lebar *aperture* pyramidal *horn* antenna akan mempengaruhi koefisien refleksi dan VSWR, tetapi tidak terlalu signifikan. Namun akan terlihat perubahan yang semakin signifikan pada parameter *gain* dan bentuk pola radiasi dari perubahan panjang dan lebar *aperture horn* antenna tersebut. Hasil simulasi ini dapat dijadikan acuan dalam menentukan model karakteristik antenna yang diinginkan untuk sensor GB-SAR pada pendeteksian pergerakan tanah (longsor).
2. Model karakteristik pyramidal *horn* antenna untuk sensor GB-SAR pada pendeteksian pergerakan tanah (longsor) menggunakan *Software* HFSS menghasilkan koefisien refleksi -19,804321 dB yang bekerja pada frekuensi 17 GHz dengan nilai VSWR sebesar 1,22786. Sedangkan nilai *gain* dari antenna tersebut adalah 50,9043 dengan dimensi panjang *aperture* 51,38 mm, lebar *aperture* 41,95 mm dan tinggi *aperture* 50 mm menggunakan jenis *waveguide* WR 62 dan jenis substrat dari teflon yang berkonstanta dielektrik 2,1.

B. Saran

Berdasarkan pembahasan dari hasil simulasi dan kendala yang dihadapi pada penelitian simulasi ini dikemukakan beberapa saran sebagai berikut:

1. Pemahaman dan studi pustaka seharusnya dilakukan lebih banyak dan lebih lama agar dapat lebih cepat memahami masalah-masalah yang terjadi saat simulasi.
2. Rentang frekuensi pada koefisien refleksi lebih diperbesar, agar didapatkan koefisien refleksi yang bernilai -10 dB untuk melihat panjang bandwidth dari pyramidal antenna dari simulasi.
3. Pada penelitian berikutnya jenis substrat pyramidal *horn* antenna dapat divariasikan, terutama dengan menggunakan aluminium. Karena peneliti telah mencoba menggunakan aluminium tetapi ada kesalahan yang belum terpecahkan.
4. Pada penelitian berikutnya nilai VSWR pada penelitian ini bisa menjadi 1 yang dapat diartikan bahwa tidak ada refleksi ketika saluran dalam keadaan *matching* sempurna karena pada kondisi ini antenna dikatakan lebih baik.
5. Dengan adanya data simulasi dan karakteristik antenna yang telah diperoleh ini antenna agar dapat dicetak sehingga dapat dibuktikan kemampuan antenna jika digunakan untuk aplikasi sensor GB-SAR pada pendeteksian pergerakan tanah (longsor).
6. Diharapkan untuk kedepannya lebih banyak lagi mahasiswa yang tertarik dalam pengembangan *horn* antenna sebagai tugas akhir yang lebih baik dan lebih inovatif lagi.