

4000005558



KAJIAN TEKNIK PENSUISAN CUPING DIDALAM  
PENJEJAKAN SUDUT (*ANGLE TRACKING*)  
MENGUNAKAN SISTEM RADAR

NAZRUL ASHRAFF BIN MUSLINI

PROGRAM FIZIK DENGAN ELEKTRONIK  
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

2004

PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PERPUSTAKAAN UMS



1400005558



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: Rajuan Teknikal Pangsuisan Canggih dlm  
Sistem Radar

Ijazah: Sarjana Muda SAINS DAN KEPULAUAN

SESI PENGAJIAN: 2002/2002

Saya MARUL A SHARIFF B. MUSLIM  
(HURUF BESAR)

mengaku membenarkan tesis (LPS/Sarjana/Doktor Falsafah)\* ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:

1. Tesis adalah hakmilik Universiti Malaysia Sabah.
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. \*\*Sila tandakan ( / )

SULIT

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972)

TERHAD

(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

TIDAK TERHAD

Disahkan oleh

[Signature]  
(TANDATANGAN PENULIS)

\_\_\_\_\_  
(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: 20, JALAN AU AU  
5D/4, GEMPAH KERAMAT

\_\_\_\_\_  
Nama Penyelia

54200 K. LUMBUK

Tarikh: 12 - Mac

Tarikh: \_\_\_\_\_

CATATAN: \* Potong yang tidak berkenaan.

\*\* Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.

@ Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan, atau disertasi bagi pengajian secara kerja kursus dan penyelidikan, atau Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).



## PENGAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang mana setiap satunya dinyatakan sumbernya

9 Februari 2004

---

NAZRUL ASHRAFF BIN MUSLINI

HS2001-2903  
820331-08-5103



**PENGAKUAN PEMERIKSA****1. PENYELIA**

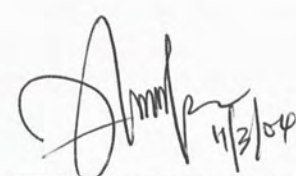
PROF. MADYA DR. FAUZIAH BT HJ AZIZ

  
12/3/04  
**2. PEMERIKSA-1**

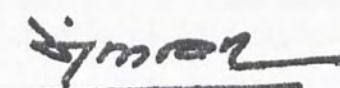
PUAN ZULISTIANA BINTI ZULKIFLI

**3. PEMERIKSA-2**

EN. ALVIE LO SIN VOI

  
11/3/04**4. DEKAN**

PROF MADYA DR. AMRAN BIN AHMED



## PENGHARGAAN

### بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

“Bersyukur kehadiran Allah s.w.t dengan izin dan rahmatNya saya telah merialisasikan kajian ini”.

Disini, Ucapan setinggi-tinggi penghargaan dan terima kasih kepada pensyarah-pensyarah UMS terutamanya kepada penyelia saya Prof Madya Dr. Fauziah Abdul Aziz atas dorongan dan nasihat beliau serta bimbingan yang amat bernilai dalam usaha menyiapkan dan melaksanakan kajian ini. Ribuan terima kasih juga kepada pensyarah-pensyarah Program Fizik Dengan Elektronik yang lain yang pernah menaburkan ilmu mereka kepada saya sama ada secara formal atau tidak di sepanjang proses menyiapkan Kajian ini.

Didalam kesempatan ini juga, ingin saya mengucapkan ucapan terma kasih yang tak terhingga juga kepada pensyarah Di Sekolah Sains Sosial iaitu En. Abdul Munir Hafizy Ladoni diatas segala tunjuk ajar dan bantuannya dalam penghasilan tesis ini. Tidak kurang juga penghargaan kepada kakitangan makmal iaitu saudara En. Ahmad Manik yang sentiasa sudi menawarkan kemudahan, peralatan dan perkhidmatan kepada saya dalam proses pelaksanaan tesis ini.

Akhir sekali, penghargaan dan terima kasih yang tak terhingga ditujukan kepada rakan-rakan sekuliah, keluarga dan ibu bapa saya yang sentiasa mendoakan kejayaan saya. Jasa dan pengorbanan semua yang terlibat dalam penghasilan kajian ini akan saya kenang selama-lamanya. Segala kekurangan yang wujud dalam proses pembangunan kajian ini adalah atas kelemahan diri saya sendiri dan sentiasa mengharapkan nasihat yang berguna daripada pembaca semua.

Ikhlas Daripada,  
Nazrul Ashraff Bin Muslini



## ABSTRAK

Tujuan utama kajian ini adalah mengkaji akan teknik-teknik didalam Pensuisan Cuping bagi salah satu diantara teknik-teknik yang digunakan didalam Penjejakan Sudut atau *Angle Tracking* di dalam Sistem Radar. Teknik-teknik Pensuisan cuping ini atau dikenali dengan *Lobe Swiching* ini dikaji dengan menggunakan Set Sistem Radar latihan berjenama Lab-Volt dari Negara Kanada. Ujikaji-ujikaji yang terlibat didalam kajian Pensuisan Cuping ini melibatkan 3 bahagian iaitu Ujikaji Pensuisan Cuping, Ujikaji Corak Sinar Antenna dan Pengimplimentasian Pensuisan Cuping dengan Kawalan Pensuisan Cuping. Bagi Ujikaji Pensuisan Cuping, data diambil menggunakan 3 jenis objek sasaran iaitu kepingan logam kecil, kepingan logam besar dan silinder dengan membuat pemerhatian tentang perubahan bacaan pada osiloskop. Dan didapati bahawa apabila polariti positif (+15 V) disalurkan, tanduk bahagian kanan yang terlibat dalam pengesanan objek sasaran dan begitu juga sebaliknya pada polariti negatif(-15 V) disalurkan. Manakala bagi ujikaji Corak Sinar Antenna pula, data diambil dengan bacaan amplitud pada paparan osiloskop apabila sudut azimuth antenna radar diputar darjah demi rajah mengikut putaran lawan arah jam dan arah jam. Dan didapati dari graf yang diperolehi bahawa nilai Kehilangan Kesan Persilangan bagi Corak Antenna ialah bersamaan -7.0 dB. Dan bagi Ujikaji Implimentasi Pensuisan cuping melalui Kawalan pensuisan Cuping, data diambil dengan lakaran graf isyarat-isyarat video radar yang wujud pada paparan osiloskop berdasarkan isyarat output Kawalan Suis Cuping sama ada putaran antenna radar mengikut arah jam atau lawan arah jam. Dan penukaran Nisbah Kawalan Cuping dari PRF/2 ke PRF/4.



## ABSTRACT

## LOBE SWITCHING TECHNIQUES FOR ANGLE TRACKING IN RADAR SYSTEM

This study was conducted to assess the techniques in Lobe Switching as one of the techniques for angle tracking in Radar System. Lobe Switching technique studied by using the radar system set from Canada, known as Lab-Volt training brand. This study was using Lobe Switching Test, Antenna Beam Pattern Test and Lobe Switching Implementation. In Lobe Switching Test, data was taken by using three target objects such as small metal plate, big metal plate and cylinder from oscilloscope reading changes. And from this, will found that right horn are getting involve for detecting objects after positive polarity (+15V) were supplied, and the left horn are involved in detecting after the negative polarity (-15V) were supplied. In Antenna Beam Pattern Test, data was taken from Amplitude reading on oscilloscope screen output when the radar antenna azimuth angle was turned degree form degree in clockwise and anticlockwise. From this, it will found that the value of Crossover Loss is  $-7.0$  dB. In Lobe Switching Implementation through the Lobe Switching Controlling, data was taken from the radar video signal graph on oscilloscope screen output in clockwise and anticlockwise. The changes in Lobe Switching Rate is from PRF/2 to PRF/4.



## KANDUNGAN

	Muka Surat
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI GAMBARAJAH	xi
SENARAI JADUAL	xiv
SENARAI FOTO	xv
SENARAI LAMPIRAN	xvi
SENARAI SIMBOL	xvii
<b>BAB 1        PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1    PENGENALAN	1
1.1.1. Jenis-jenis Sistem Radar	2
1.1.2. Perkembangan Sistem Radar	4
1.1.3. Kepentingan Sistem Radar	6
1.2    LOKASI KAJIAN	8
1.3    TUJUAN KAJIAN	8
1.4    OBJEKTIF KAJIAN	9





1.5	SKOP KAJIAN	10
<b>BAB 2</b>	<b>ULASAN PERPUSTAKAAN</b>	<b>11</b>
2.1	PENGENALAN KEPADA RADAR	11
2.2	GELOMBANG MIKRO	13
2.2.1	Spektrum Elektromagnet	14
2.2.2	Kebaikan	19
2.3	SISTEM RADAR	20
2.3.1	Prinsip Asas	20
2.3.2	Faktor Yang mempengaruhi Keberkesanan Radar	22
2.3.2.1	Kuasa Transmitter dan Saiz Antenna	22
2.3.2.2	<i>Clutter</i>	23
2.3.2.3	Kesan Atmosfera	24
2.3.3	Aplikasi Radar	24
2.4	SUBSISTEM/PERANTI RADAR	26
2.4.1	Operasi & Blok Diagram	26
2.4.2	Transmitter	27
2.4.3	Antenna	30
2.4.4	Penerima	32
2.4.5	Signal dan Data Pemproses	33
2.4.6	Paparan	34
2.5	PERSAMAAN RADAR	36



2.6	ULASAN JURNAL	40
2.6.1	Jurnal Pertama	40
2.6.2	Jurnal Kedua	41
<b>BAB 3</b>	<b>METODOLOGI</b>	<b>42</b>
3.1	PENDAHULUAN	42
3.2	MENGKALIBRASI SISTEM LATIHAN TRACKING RADAR	43
3.2.1	Penyelarasan Paras Isyarat pada Sampled Output pada modul Dual Channel Sampler	43
3.2.2	Penyelarasan Voltan Offset Arus Terus pada Sampled Output pada modul Dual Channel Sampler	44
3.2.3	Pengkalibrasian Paparan Osiloskop	46
3.3	PROSEDUR MENJALANKAN KAJIAN	47
3.3.1	Prosedur Penyediaan Peralatan	49
3.3.2	Prosedur Pensuisan Cuping	54
3.3.3	Prosedur Corak Sinar Antenna	55
3.3.4	Prosedur Kawalan Pensuisan Cuping	56
3.4	LANGKAH-LANGKAH KESELAMATAN	56
<b>BAB 4</b>	<b>HASIL KAJIAN DAN ANALISA DATA</b>	<b>58</b>
4.1	DATA BAGI PENSUISAN CUPING	58



4.1.1	Menggunakan Objek Kepingan Logam Kecil Sebagai Sasaran	58
4.1.2	Menggunakan Objek kepingan Logam Besar Sebagai Sasaran	59
4.1.3	Menggunakan Objek Silinder Sebagai Sasaran	60
4.2	DATA BAGI CORAK SINARAN ANTENNA	64
4.3	DATA BAGI KAWALAN PENSUISAN CUPING	70
4.3.1	Apabila Antenna Radar diputar secara Manual Mengikut Arah Putaran Lawan Jam	70
4.3.2	Apabila Antenna Radar diputar secara Manual Mengikut Arah Putaran Jam	73
4.3.3	Apabila Lobe Control Rate disetkan dari PRF/2 kepada PRF/4	76
<b>BAB 5</b>	<b>PERBICANGAN</b>	<b>81</b>
5.1	PENJEJAKIAN SUDUT ( <i>Angle Tracking</i> )	82
5.2	PENSUISAN CUPING/ 'Lobe Switching'	82
5.3	PENGIMBAS BERBENTUK KON/ 'Conical Scan'	85
5.4	DENYUT TUNGGAL (Monopulse)	87
5.5	IMPLIMENTASI 'Lobe Switching'	89
<b>BAB 6</b>	<b>KESIMPULAN</b>	<b>93</b>
	RUJUKAN	96
	LAMPIRAN	98



## SENARAI GAMBARAJAH

No. Gambarajah		Halaman
<b>Rajah 2.1</b>	Gelombang Elektromagnet	15
<b>Rajah 2.2</b>	Spektrum Elektromagnet	16
<b>Rajah 2.3</b>	Prinsip asas bagi operasi Sistem Radar	20
<b>Rajah 2.4</b>	Rajah Blok Diagram bagi Sistem Radar	26
<b>Rajah 3.1</b>	Isyarat gema I dan Q channel dari sasaran bergerak	44
<b>Rajah 3.2</b>	Isyarat pada Analog MTI Processor Sebelum Penyelarasan dijalankan pada Kawalan DC Offset.	45
<b>Rajah 3.3</b>	Isyarat pada Analog MTI Processor Selepas Penyelarasan dijalankan pada Kawalan DC Offset	46
<b>Rajah 3.4</b>	Rajah Objek-objek yang dijadikan sebagai sasaran pasif didalam kajian	49
<b>Rajah 3.5</b>	Posisi bagi Meja Sasaran dengan Rotating Antenna Pedestal	50
<b>Rajah 3.6</b>	Penyusunan Modul	52
<b>Rajah 3.7</b>	Rajah Blok diagram Radar Tracking	53
<b>Rajah 3.8</b>	Kedudukan Sistem Radar dengan Penyerap Keselamatan Parapet	57
<b>Rajah 4.1</b>	Graf Amplitud Gema Sasaran Lawan Sudut Azimuth Antenna Radar (Cuping Kanan)	66
<b>Rajah 4.2</b>	Graf Amplitud Gema Sasaran Lawan Sudut Azimuth	



	Antenna Radar (Cuping Kiri)	66
<b>Rajah 4.3</b>	Graf Corak Sinaran Dua Hala Kiri dan Kanan Antenna (Cuping Kiri dan kanan)	67
<b>Rajah 4.4</b>	Isyarat Video Signal dan Isyarat Output Kawalan Suis Cuping bagi sasaran yang berada di sebelah kanan Paksi Antenna	70
<b>Rajah 4.5</b>	Isyarat Video Signal dan Isyarat Output Kawalan Suis Cuping bagi sasaran yang berada di sebelah kanan Paksi Antenna yang diperolehi dari Osiloskop	71
<b>Rajah 4.6</b>	Isyarat Video Signal dan Isyarat Output Kawalan Suis Cuping bagi sasaran yang berada di sebelah kiri Paksi Antenna	73
<b>Rajah 4.7</b>	Isyarat Video Signal dan Isyarat Output Kawalan Suis Cuping bagi sasaran yang berada di sebelah kiri Paksi Antenna yang diperolehi menerusi Osiloskop	74
<b>Rajah 4.8</b>	Isyarat Video Signal dan Isyarat Output Kawalan Suis Cuping bagi sasaran yang berada di sebelah kiri Paksi Antenna dan Nisbah Kawalan Cuping diubah kepada PRF/4	76
<b>Rajah 4.9</b>	Isyarat Video Signal dan Isyarat Output Kawalan Suis Cuping bagi sasaran yang berada di sebelah kiri Paksi Antenna dan Nisbah Kawalan Cuping diubah kepada PRF/4 yang diperolehi daripada Osiloskop	77
<b>Rajah 4.10</b>	Isyarat Video Signal dan Isyarat Output Kawalan Suis Cuping bagi sasaran yang berada di sebelah kanan Paksi Antenna dan Nisbah Kawalan Cuping diubah kepada PRF/4 yang diperolehi daripada Osiloskop	79
<b>Rajah 5.1</b>	Isyarat yang diperolehi dengan Pensuisan cuping	82
<b>Rajah 5.2</b>	Hubungan Kehilangan Isyarat di dalam Sistem Penjejakan sudut menggunakan pensuisan cuping	84
<b>Rajah 5.3</b>	Teknik Pengimbas berbetuk kon	85
<b>Rajah 5.4</b>	Isyarat gema daripada sasaran pada rajah 5.3.	86



<b>Rajah 5.5</b>	Corak Gabungan dan Corak Berbeza yang diperolehi dengan Teknik Denyut Tunggal	87
<b>Rajah 5.6</b>	Corak Sinar yang diperolehi dengan Antenna Pemantul Parabola	90
<b>Rajah 5.7</b>	Rajah diagram ringkas Suis Gelombang Mikro Pada Antenna Radar Tracking	91
<b>Rajah 5.8</b>	Sambungan RF didalam Radar Tracking Lab-Volt	92



**SENARAI JADUAL**

No. Jadual		Halaman
<b>Jadual 2.1</b>	Penjelasan Sinaran Elektromagnet	17
<b>Jadual 2.2</b>	Jalur Panjang Gelombang Radar	18
<b>Jadual 4.1</b>	Pemerhatian Pensuisan Cuping menggunakan Logam Kecil sebagai sasaran	58
<b>Jadual 4.2</b>	Pemerhatian Pensuisan Cuping menggunakan Logam Besar sebagai sasaran	59
<b>Jadual 4.3</b>	Pemerhatian Pensuisan Cuping menggunakan Silinder sebagai sasaran	60
<b>Jadual 4.4</b>	Amplitud Gema Sasaran lawan Sudut Azimuth Antenna Radar (cuping kanan)	64
<b>Jadual 4.5</b>	Amplitud Gema Sasaran lawan Sudut Azimuth Antenna Radar (cuping kiri)	65



**SENARAI FOTO**

No. Foto		Halaman
<b>Foto 3.1</b>	Meja Sasaran Di Makmal Fizik Akustik Dan Getaran SST, Universiti Malaysia Sabah	51
<b>Foto 3.2</b>	Radar Antenna Di Makmal Fizik Akustik Dan Getaran SST, Universiti Malaysia Sabah	52
<b>Foto 3.3</b>	Sebahagian Modul-modul Set Latihan Sistem Radar di Makmal Universiti Malaysia Sabah	53





**SENARAI LAMPIRAN**

No. Lampiran	Halaman
<b>LAMPIRAN A : Malaysian Journal of Remote Sensing &amp; GIS vol 1</b>	<b>98</b>
<b>LAMPIRAN B : Malaysian Journal of Remote Sensing &amp; GIS vol 1</b>	<b>99</b>
<b>LAMPIRAN C : Synthetic Aperture Radar (SAR)</b>	<b>100</b>
<b>LAMPIRAN D : Radar Imaging Geometry (Airborne Systems)</b>	<b>101</b>
<b>LAMPIRAN E : Geometry Of the Radar Antenna</b>	<b>102</b>



**SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN**

V	Voltan
A	Ampere
I	Arus
R	Rintangan
$\Omega$	Ohm
Hz	Hertz
$\phi$	Medan magnet
$E_0$	Daya tarikan elektrik
$B_0$	Daya tarikan magnet
M	Vektor kemagnetan
m	Meter
B	Medan Magnet
E	Medan Elektrik
$\mu$	Ketelapan bahantara
$\epsilon$	ketelusan bahantara
c	Halaju cahaya
Å	Angstrom



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 PENGENALAN

Radar (dari “Radio Detecting And Ranging”) merupakan alat Elektromagnetik yang digunakan untuk mengesan dan menentukan objek pada jarak atau dibawah suasana kawasan yang bercahaya atau tidak mampu dikesan oleh keupayaan mata (Brittanica,2000). Ia juga mampu untuk mengukur jarak dan kelajuan objek secara persis sama ada objek bergerak mendekati atau menjauhi unit pengesan radar tersebut.

Sistem Radar beroperasi dengan memancarkan gelombang elektromagnet iaitu frekuensi gelombang mikro kearah objek dan menerima gelombang yang dipantulkan dari objek tersebut kembali ke unit sistem. Dan secara khasnya, gelombang radio yang dipantulkan atau dipanggil gema akan di amplifikan dan dianalisis oleh *Signal Processor* (Pemprosesan Isyarat). Pemproses Isyarat kemudiannya akan mengubah isyarat tersebut untuk operator atau mesin operator bagi dikawal oleh Unit Radar. Maklumat yang



diperolehi mengenai objek yang disasarkan (dari segi jarak, arah dan altitud) secara tipikal akan ditayangkan pada *cathode-ray tube* skrin, dimana secara imej peta yang dikesan oleh pancaran radar dan sebagai contoh alat yang dipanggil *Plan Position Indicator (PPI)*.

### 1.1.1 Jenis-Jenis Sistem Radar

Terdapat pelbagai jenis radar dan setiapnya berbeza dari segi isyarat yang dipancarkan dari Radar Transmitter dan juga perbezaan manipulasi dari gema yang diterima.

Sehingga kini, kebanyakan yang digunakan ialah *Radar Pulse* (radar denyut). Ia dipanggil dengan nama tersebut kerana pancaran yang dipancarkan adalah pendek, sangat pantas denyutan tenaga elektromagnetiknya dengan hubungan yang panjang separuh masa diantara denyutan (Brittanica,2000). Unit Penerima akan menerima gema objek yang terdekat secara pantas selepas denyutan pancaran, daripada objek yang terdekat yang mahu dikesan dan akan menerima satu denyut dihujung. Dan apabila selesai menerima gema tersebut, Transmitter sekali lagi memancarkan denyut yang lain dan kitar tersebut berulang. Perbezaan masa antara denyut yang dipancarkan dengan gema yang diterima, adalah disebabkan gelombang radar yang bergerak dan merentasi dengan kelajuan tinggi cahaya iaitu 300,000 km per saat. Unit didalam aplikasi radar bagi kelajuan tersebut adalah bersamaan 300 meter per mikrosaat. Ini kerana tenaga elektromagnet yang dipancarkan oleh radar transmitter harus merentasi atau bergerak



pada jarak dua kali dari set radar ke objek dan berpatah balik sebagai gema ke set radar. Dan bagi setiap perbezaan mikrosaat diantara denyut yang di pancarkan dengan gema yang diterima adalah bersamaan sehingga 150 meter jaraknya dari radar unit ke sasaran. Kebiasaannya, separuh waktu yang singkat diperlukan untuk mencapai kejituan dalam jarak tersebut. Dan apabila terdapat ralat hanya dalam jangka 4.6 m ia boleh ditolenrasikan dan separuh waktu haruslah diukur dengan ketepatan 1/30 mikro saat.

Dari jenis kedua yang menjadi kebiasaan pula ialah dari Radar *Continous-Wave* (CW). Dari jenis radar ini teknik yang digunakan ialah isyarat radar yang dipancarkan berterusan dan ia lebih baik dari pancaran denyut yang singkat. Ini kerana kesan gema yang berterusan tidak boleh bersamaan secara spesifiknya dengan gelombang yang dipancarkan, dan ia tidak dapat mengesan maklumat jarak dari CW radar ringkas. Teknik ini bagaimanapun boleh digunakan untuk mengesan kelajuan sasaran dengan pengukuran perubahan Doppler (*Shift Doppler*) iaitu secara perubahan frekuensi yang dihasilkan oleh pergerakan (Merrill,1980). Isyarat yang di pancarkan pada frekuensi-frekuensi yang telah di tetapkan dan dihubungkan dengan Antenna melalui Duplexer (alat yang menentukan penggunaan antenna tunggal untuk kedua-dua pentransmisian dan penerimaan) dan dipancarkan ke angkasa.

Walaupun radar *Continous-Wave* (CW) ringkas tidak dapat mengira jarak, Radar *Frequency-Modulated* yang lebih jauh canggihnya mampu berbuat demikian. Teknik ini melibatkan menghubungkan setiap bahagian isyarat radio yang dipancarkan,lalu menterjemahkan apa yang diperolehi apabila diterima semula. Isyarat dihubungkan



dengan menetapkan frekuensi berterusan tersebut. Apabila gema diterima, frekuensi adalah berbeza apabila isyarat meninggalkan transmitter pada masa tersebut. Dan jika nilai perubahan frekuensi diketahui, perubahan frekuensi tersebut dapat memberikan nilai jarak dari sasaran (Merrill,1980).

Salah satu lagi penggunaan radar adalah dari radar laser atau *lidar*, dimana dari sinar isyarat laser yang sangat sempit dan halus akan dipancarkan seperti pancaran radio yang lain. Lidar beroperasi dengan frekuensi yang terlampau tinggi (kebiasaannya 100,000 kali berbanding frekuensi radio). Kebanyakan sistem pengesan radio menghasilkan isyarat dengan frekuensi dari beberapa megahertz sehingga 40 gigahertz (Brittanica,2000).

### 1.1.2 Perkembangan Sistem Radar

Perkembangan Radar dapat dikesan dengan kerja eksperimen yang di lakukan ahli fizik German Heinrich Hertz. Lewat tahun 1880an Hertz membuktikan kewujudan gelombang radio dan sifatnya sama seperti gelombang cahaya seperti diantaranya ianya mampu dipantulkan oleh objek seperti sifat cahaya dimana mampu dipantulkan oleh cermin satah (Ian,1999).

Christian Hülsmeyer, seorang jurutera Jerman dimana merupakan orang pertama mengaplikasikan konsep Hertz. Dimana membina sebuah alat gema radio ringkas untuk kegunaan pelayaran pada tahun 1904. Bagaimanapun ianya seakan-akan sistem radar



yang asal dan ringkas namun gagal untuk menarik perhatian kerana beberapa masalah teknikal. Dan kegunaan berkenaan fenomena gelombang radio untuk tujuan pengesanan akhirnya berterusan dengan prinsip yang diketengahkan oleh oleh jurutera Itali Guglielmo Marconi pada tahun 1922. Kemudiannya United States Naval Research Laboratory menguji berkenaan pancaran gelombang berterusan (*Continuous-wave*) untuk mengesan laluan kapal diantara radio transmitter dan radio penerima. Prinsip operasi berkenaan *Pulse Ranging* telah dibangunkan pada tahun 1925 oleh dua ahli fizik Amerika Gergory Breit dan Merie A. Tuve dimana melibatkan kajian di Ionosfera. Dan ianya membuahkan kejayaan dengan pengukuran ketebalan Ionosfera dengan pantulan denyut gelombang radio pada lapisan terion pada angkasa dan menentukan jumlah masa yang diambil oleh gema yang kembali (Brittanica,2000).

Sejak tahun 1930an beberapa buah negara termasuk Great Britain, Amerika Syarikat, Jerman dan Jepun mendalami penyelidikan berkenaan Sistem radar bagi tujuan untuk mengesan kapal terbang dan permukaannya pada jarak yang jauh dan dibawah kadar penglihatan yang kurang. Sebelumnya Perang Dunia ke 2, negara Britain telah membangunkan rangkaian stesen radarnya sebagai tanda amaran dan berjaga-jaga bagi serangan kapal terbang musuh. Dan sehingga lewat 1939, Jerman memulakan pembangunan berkenaan unit amaran kubu tanah dipanggil Freya. Dan didalam beberapa tahun selepas itu Britain membangunkan set kecil radar mengesan kapal terbang bagi tujuan pertempuran dan Amerika Syarikat memulakan usaha dengan alat-alat radar bertujuan tembakan senjata terus (*direct gunfire*). Gabungan usaha dua negara Amerika Syarikat dan Britain bagi penyelidikan peperangan ialah dengan cara melalui



pembangunan kuasa tinggi Sistem Radar Gelombang Mikro seperti contoh kawalan senjata automatik dan pengesanan kapal terbang jarak jauh.

### 1.1.3 Kepentingan Sistem Radar

Antara tujuan kepentingan Sistem Radar adalah pada Perang Dunia ke-2. Sejak lewat 1940an pembangunan radar meliputi kemajuan komponen dan litar elektronik dengan peningkatan penggunaan bahan pepejal alat elektronik dari transistor sehingga litar *very-large-scale-integrated* (VLSI) (Merril,1980). Pengenalan berkenaan kaedah pengimbas terkini dan penggunaan pegkomputeran bagi isyarat pemprosesan sekaligus membawa kepada ke era kemajuan dan peningkatan Penggunaan radar.

Teknologi tersebut telah memberi kesan yang penting terhadap penggunaan radar. Di dalam bidang ketenteraan, penggunaan transmitter ditahap kuasa yang tinggi dan penerimaannya memberikan sensitiviti yang terbaik bagi memberikan rangkaian jarak jauh radar untuk tujuan sebagai amaran awal bagi peluru berpandu jarak jauh. Dan pada lewat abad ke-20, Amerika Syarikat dan Kanada berpadu tenaga untuk membangunkan rangkaian radar yang di kenali sebagai *Space Detection and Tracking System* (SPADATS) bertujuan mengidentifikasi dan kawalan pelancaran satelit ke orbit bumi(Merrill,1980).





## RUJUKAN

Britannica Encyclopedia 2002, Deluxe Edition.

Byron Edde. 1995. *Radar: Principles, Technology, Application*. Prentice Hall, International.

Eugene F. Knott, 1993. *Radar Cross Section Measurements*. Van Nostrand Reinhold, New York.

George Biernson, 1990. *Optimal Radar Tracking System*. John Wiley & Sons Inc, Canada

GlobeSAR, 1999, *Radar Basic; Introduction to Synthetic Aperture Radar Remote Sensing*, MACRES, K. Lumpur

Ian H. Woohouse, Version 1.1 1999, *Microwave Remote Sensing*, University of Dundee, Scotland

Khali Aziz Hamzah, 2000, *Malaysian Journal of Remote Sensing & GIS*, July, 2000, Vol.1, *JERS-1 SAR backscatter characteristic of tropical peat swamp forest*. 1-12.

LAB-VOLT, *Telecommunication Radar, 1999 Volume 1 : Tracking Radar* ; Staff of Lab-Volt (Quebec) Ltd, Canada.

Maged Marghany, Zelina Ibrahim, Mohd Ibrahim and Shatri Mansor, 2000, *Malaysian Journal of Remote Sensing & GIS*, July, 2000, Vol.1, *Simulation of ship speed and direction by using TOPSAR data*., 59-67.

Mahafza Bassem R., 1998. *Introduction To Radar Analysis*. CRC Press Inc



Merrill I. Skolnik,1980.*Introduction To Radar Systems*.McGraw-Hill Book Company Inc,US.

N.Laili,H. Mariamni and K.M Noh,2000, Malaysian Journal of Remote Sensing & GIS, July, 2000,Vol.1, *An evaluation of multi-band/multi-polarized SAR data for vegetatiton discrimination in Malaysia*.69-75.

*Radar,2000.Volume 1 to 4 : Analog, digital and tracking Radar*. Staff of Lab-Volt (Quebec)ltd,Canada

*Target Positioning System*.Lab Volt,Canada

Yusof Munajat,1993. *Penyelesaian Masalah Fizik jilid iv Gelombang, Bunyi Dan Optik*, Dewan Bahasa dan Pustaka. Kuala Lumpur.

