

2–18GHz RADAR PENCARI ARAH

Oleh

Mohd Ridhuan Bin Hussin

**Disertasi ini dikemukakan kepada
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA**

**Sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat keperluan
untuk ijazah dengan kepujian**

SARJANA MUDA KEJURUTERAAN (KEJURUTERAAN ELEKTRONIK)

**Pusat Pengajian Kejuruteraan
Elektrik dan Elektronik
Universiti Sains Malaysia**

November 2006

ABSTRAK

Laporan ini akan membincangkan mengenai rekabentuk satu sistem radar pencari arah yang boleh digunakan untuk mengesan penerimaan isyarat dalam julat frekuensi dari 2GHz hingga 18GHz. Julat frekuensi yang digunakan ini adalah merupakan frekuensi yang digunakan dalam operasi ketenteraan. Sistem radar pencari arah ini direkabentuk melalui gabungan beberapa bahagian seperti antenna penerima, litar penguat hingar rendah, litar pencampur penukarturun, litar pengayun varaktor boleh laras, litar penapis laluan jalur, litar penukar isyarat RF ke voltan DC, litar penguat, litar penukar isyarat analog ke isyarat digital (ADC), litar penukar isyarat digital ke isyarat analog (DAC) serta papan pelatih mikropengawal 8051. Bagi sistem ini, antenna penerima yang direkabentuk adalah dari jenis antenna vivaldi berlawanan tepat dan satu sistem pencari arah yang lengkap memerlukan sebanyak lapan antenna penerima dari jenis yang sama. Setiap rekabentuk dan simulasi yang dilakukan terhadap antenna dan litar-litar adalah dilakukan dengan menggunakan perisian HPADS. Selain itu, mikropengawal 8051 digunakan bagi melakukan pengawalan serta pemprosesan data terhadap keseluruhan sistem radar pencari arah ini.

ABSTRACT

This report presents the design of radar direction finder which will be use to detect the receiving signal in the frequency range of 2GHz to 18GHz. This range of frequency is commonly use by the military for their operations. This system is design with the combination of several parts such as receiver antenna, low noise amplifier circuit, mixer down converter circuit, varactor tuned oscillator circuit, band pass filter circuit, RF to DC voltage converter circuit, amplifier circuit, analog to digital converter (ADC) circuit, digital to analog converter (DAC) circuit and finally the 8051 microcontroller trainer board. In this system, the receiver antenna that will be use is from the antipodal vivaldi antenna type. Its need exactly eight identical antenna to make this direction finder system to works well. Each design and simulation done in this project is using the software called HPADS. The control and process unit for this system is done by the 8051 microcontroller.

PENGHARGAAN

Bismillahirrahmanirrahim

Syukur Alhamdulillah kerana dengan rahmat dan izinNya dapat saya melaksanakan projek tahun akhir ini. Walaupun tidak berjaya untuk menyiapkan sepenuhnya namun saya yakin banyak yang telah saya perolehi disepanjang penglibatan saya dalam perlaksanaan projek ini. Di kesempatan ini saya ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada kesemua mereka yang terlibat sama ada secara langsung ataupun tidak terhadap projek yang saya jalankan ini.

Pertama sekali saya ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada penyelia projek ini iaitu Dr. Fadzil Ain yang tidak jemu serta banyak memberikan tunjuk ajar, bantuan, nasihat serta dorongan disepanjang perjalanan projek ini. Juga terima kasih kepada Pusat Pengajian Elektrik dan Elektronik yang menyediakan banyak kemudahan kepada saya dalam melakukan projek ini.

Juga tidak lupa ucapan terima kasih saya kepada kesemua pensyarah serta rakan-rakan yang turut membantu serta memberikan pandangan serta sokongan kepada saya. Begitu juga dengan juruteknik-juruteknik makmal yang banyak membantu setiap kali saya memerlukan bantuan.

Akhir sekali saya ingin mengucapkan jutaan terima kasih yang tidak terhingga kepada ahli keluarga saya yang tidak jemu-jemu memberikan sokongan serta semangat kepada saya disepanjang tempoh saya melakukan projek ini.

Sekali lagi saya ingin mengucapkan berbanyak-banyak terima kasih serta penghargaan kepada semua yang terlibat sama ada secara langsung ataupun tidak disepanjang perjalanan projek yang saya lakukan ini. Hanya Allah S.W.T yang mampu membalas segala jasa dan budi anda semua. Semoga Allah S.W.T akan memberkati hidup kita semua. Amin.

KANDUNGAN

	Muka Surat
ABSTRAK	ii
PENGHARGAAN	iv
JADUAL ISI KANDUNGAN	v
SENARAI GAMBARAJAH	vii
 BAB 1 PENGENALAN	
1.1 Pendahuluan.....	1
1.2 Objektif Projek.....	2
1.3 Perlaksanaan Projek.....	2
1.4 Panduan Laporan.....	3
 BAB 2 SISTEM RADAR DAN ESM	
2.1 Radar.....	5
2.1.1 Sejarah.....	5
2.1.2 Prinsip Radar.....	6
2.2 Electronic Support Measure (ESM).....	7
 BAB 3 ANTENA VIVALDI	
3.1 Ciri-Ciri Antena.....	9
3.2 Antena Vivaldi.....	13
3.2.1 Bentuk-Bentuk Penirusan.....	14
3.2.2 Antena Vivaldi Berlawananan Tepat.....	16
3.2.3 Antena Vivaldi Berlawananan Tepat Seimbang.....	18
 BAB 4 REKABENTUK SISTEM RADAR PENCARI ARAH	
4.1 Pengenalan.....	21
4.2 Parameter Serakan Atau Parameter S.....	23
4.3 Mikrostrip.....	25

4.4	Litar Pensuisan.....	26
4.5	Litar Penguat Hingar Rendah.....	31
4.6	Litar Pencampur Penukarturun.....	31
4.7	Litar Penapis Laluan Jalur.....	33
4.8	Litar Penukar Isyarat RF Ke Voltan DC.....	33
4.9	Litar Penguat.....	35
4.10	Litar Penukar Isyarat Analog Ke Isyarat Digital (ADC).....	36
4.11	Litar Penukar Isyarat Digital Ke Isyarat Analog (DAC).....	38
4.12	Litar Pengayun Varaktor Boleh Laras (VTO).....	39
4.13	Papan Pelatih Mikropengawal 8051.....	39
4.14	Rekabentuk Antena Vivaldi Berlawananan Tepat.....	40

BAB 5 MIKROPENGAWAL 8051

5.1	Pengenalan.....	44
5.2	Port.....	44
5.2.1	Port A (PA0-PA7).....	45
5.2.2	Port B (PB0-PB7).....	46
5.2.3	Port C (PC0-PC7).....	46
5.3	Mikropengawal 8051.....	47

BAB 6 KESIMPULAN DAN PENUTUP

6.1	Kesimpulan.....	48
6.2	Masalah Yang Dihadapi.....	49
6.3	Perbincangan.....	49
6.4	Cadangan.....	49

RUJUKAN

LAMPIRAN

SENARAI GAMBARAJAH

		Muka Surat
Rajah 1.1	Blok Asas Sistem Pencari Arah.....	1
Rajah 2.1	Prinsip Radar.....	6
Rajah 3.1:	Sistem Koordinat Sfera.....	10
Rajah 3.2:	Susunan Medan-Medan Antena.....	11
Rajah 3.3:	Litar Setara Antena Penerima.....	12
Rajah 3.4:	Antena Vivaldi.....	14
Rajah 3.5:	Bentuk-Bentuk Penirusan Pada Antena Lubang Alur Tertirus.....	15
Rajah 3.6:	Antena Vivaldi Berlawanan Tepat.....	16
Rajah 3.7:	Rekabentuk Antena Vivaldi Berlawanan Tepat.....	17
Rajah 3.8:	Keratan Rentas Antena Yang Menunjukkan Medan E Antena Vivaldi Berlawanan Tepat.....	17
Rajah 3.9:	Keratan Rentas Antena Yang Menunjukkan Medan E Antena Vivaldi Berlawanan Tepat Seimbang.....	18
Rajah 3.10:	Rekabentuk Antena Vivaldi Berlawanan Tepat Seimbang.....	19
Rajah 4.1:	Gambarajah Sistem Radar Pancari Arah.....	22
Rajah 4.2:	Rangkaian Dua Liang.....	23
Rajah 4.3:	Papan Litar Tercetak PCB.....	26
Rajah 4.4:	Litar Skematik Litar Suis PIN Diod.....	27
Rajah 4.5:	Rekabentuk Litar Pensuisan RF.....	28
Rajah 4.6:	Rekabentuk Litar Penguat Hingar Rendah.....	31
Rajah 4.7:	Rekabentuk Litar Pencampur Penukaturun.....	32
Rajah 4.8:	Rekabentuk Litar Penukar Isyarat RF ke Voltan DC.....	34
Rajah 4.9:	Keluaran Pemodulatan Bersampul.....	35
Rajah 4.10:	Rekabentuk Litar Penguat.....	36
Rajah 4.11:	Penukar Isyarat Analog Ke Isyarat Digital (ADC).....	37
Rajah 4.12:	Penukar Isyarat Digital Ke Isyarat Analog (DAC).....	38
Rajah 4.13:	Dimensi-Dimensi Bagi Antena Vivaldi Berlawanan Tepat.....	43
Rajah 5.1:	Tatasusunan Pin Bagi Cip 8255.....	45

BAB 1

PENGENALAN

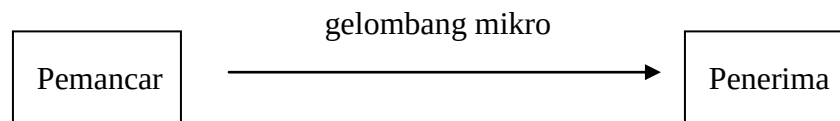
1.1 Pendahuluan

RADAR (*Radio Detection And Ranging*) didefinisikan sebagai pengumpulan maklumat mengenai objek dengan menghantar gelombang elektromagnet dan menganalisisnya(Kennedy,1997). Dengan maksud yang lain, ia adalah satu kaedah yang menggunakan gelombang elektromagnet sebagai penderiaan jauh bagi menentukan arah, halaju dan ciri-ciri objek(Byron,1993).

Perang dunia kedua merupakan medan perang pertama yang melibatkan penggunaan teknologi elektronik perhubungan yang ketara dimana pihak British telah menggunakan ciptaan terbaru mereka dalam perang ini iaitu RADAR. Dengan berbekalkan kelengkapan ini pihak British mampu memantau pergerakan pesawat tentera Jerman yang melintasi selat Inggeris.

Sistem radar pencari arah ini direkabentuk untuk mencari atau menentukan arah kedudukan pemancar. Kaedah ini digunakan dengan meluas dalam aplikasi sistem pertahanan ketenteraan dan ia juga turut digunakan oleh ahli-ahli sains dalam mengkaji habitat hidupan liar.

Dalam projek ini antenna vivaldi berlawanan tepat akan bertindak sebagai antenna penerima. Lapan antenna penerima yang sama akan direkabentuk. Antenna-antenna ini kemudiannya akan disambungkan kepada litar pensuisan RF dengan beza sudut antara setiap antenna adalah sebanyak 45° .



Rajah 1.1 Blok Asas Sistem Pencari Arah

1.2 Objektif Projek

Objektif utama bagi projek ini adalah untuk merekabentuk satu sistem radar pencari arah yang mampu untuk beroperasi dalam julat frekuensi 2 hingga 18GHz. Julat frekuensi ini merupakan julat frekuensi bagi aplikasi operasi ketenteraan. Komponen utama dalam projek ini adalah antenna penerima. Oleh itu antenna yang direkabentuk hendaklah mempunyai lebar jalur kendalian dari 2 hingga 18GHz. Antena yang akan direkabentuk adalah dari jenis antenna vivaldi berlawanan tepat.

Sistem pencari arah ini seharusnya berupaya untuk mengesan isyarat pancaran radar, menganalisa, menentukan arah pancaran isyarat, menentukan sudut tiba (*angle of arrival*, AOA) dan seterusnya memaparkan arah kedudukan pemancar pada skrin komputer.

1.3 Perlaksanaan Projek

Projek ini dimulakan dengan melakukan penyelidikan dan bacaan mengenai sistem radar, sistem sokongan elektronik (ESM), serta sistem pencari arah yang sedia ada. Seterusnya kajian terhadap antenna yang sesuai digunakan untuk projek ini dilakukan agar sistem yang akan direkabentuk nanti akan berfungsi dengan sempurna dan memenuhi spesifikasi yang dikehendaki.

Dalam perjalanan projek ini, perkara yang pertama sekali yang dilakukan adalah merekabentuk antenna yang akan digunakan sebagai antenna penerima bagi sistem pencari arah ini. Bentuk, saiz, dan ukuran bagi antenna yang dipilih ditentukan melalui pengiraan dengan bantuan rujukan yang telah dilakukan sebelum ini. Rekabentuk antenna serta simulasi dilakukan dengan menggunakan perisian HPADS. Setelah mendapat keputusan simulasi dan bentuk yang memuaskan, maka rekabentuk bagi litar-litar yang lain seperti litar pensuisan, litar penguat hingar rendah, litar pencampur penukarturun, litar pengayun varaktor boleh laras (VTO), litar pengesan serta litar penukar isyarat analog ke digital dan litar penukar isyarat digital ke analog dilakukan dan seterusnya disimulasikan bagi mendapatkan keputusan yang diinginkan.

Antena serta litar-litar yang telah siap direkabentuk kemudiannya di fabrikasikan diatas papan tercetak litar (PCB). Seterusnya pembangunan papan litar pelatih 8051 dilakukan dan aturcara-aturcara yang diperlukan untuk sistem ini ditulis dengan menggunakan bahasa penghimpun (*assembly language*). Perisian MATLAB pula digunakan untuk memaparkan penunjuk pada skrin komputer sebagai paparan radar. Akhir sekali, semua sistem akan digabungkan dan seterusnya diuji secara keseluruhan untuk melihat keluaran yang diberikan oleh sistem radar pencari arah ini.

1.4 Panduan Laporan

Laporan ini terdiri daripada 6 bab kesemuanya yang mana setiap bab akan menerangkan mengenai bahagian-bahagian yang terlibat dalam pembangunan projek ini. Berikut diterangkan secara ringkas mengenai setiap bab yang disusun dalam laporan projek ini.

Bab 1 merupakan bahagian pengenalan yang menerangkan secara keseluruhan mengenai projek yang dijalankan ini. Ini termasuklah pengenalan kepada projek, penerangan serba ringkas mengenai projek, objektif serta perjalanan sepanjang pembangunan projek ini.

Bab 2 merupakan kajian ilmiah yang dilakukan pada awal pelaksanaan projek. Disini diterangkan dengan lebih terperinci mengenai teori-teori tentang sistem radar dan sistem ESM yang mana merupakan dua topik asas kepada projek yang dijalankan ini.

Bab 3 pula disediakan khas untuk menerangkan hanya mengenai rekabentuk antena yang akan digunakan dalam projek ini iaitu antena vivaldi berlawanan tepat. Disini akan diterangkan mengenai jenis-jenis antena vivaldi yang ada, kelebihan serta kekurangannya.

Bab 4 pula akan membincangkan mengenai rekabentuk litar-litar yang terlibat iaitu litar pensuisan, litar penguat hingar rendah, litar pencampur penukarturun, litar pengayun varaktor boleh laras, litar pengesan, litar penukar isyarat analog ke digital dan litar penukar isyarat digital ke analog. Selain itu turut dibincangkan juga mengenai

pengiraan dan pengukuran yang dilakukan dalam merekabentuk antena penerima. Turut dibincangkan disini mengenai fungsi-fungsi serta peranan setiap litar dalam sistem radar pencari arah ini.

Bab 5 akan menerangkan tentang rekabentuk papan pelatih mikropengawal 8051 serta fungsinya dalam projek ini. Proses kawalan yang dilakukan oleh mikropengawal ini juga akan dibincang secara terperinci dalam bab ke 5 ini.

Bab 6 iaitu bab yang terakhir adalah dikhususkan sebagai kesimpulan terhadap projek yang dijalankan. Disini juga akan dibincangkan sebarang permasalahan yang timbul sepanjang perjalanan projek ini serta cadangan-cadangan untuk rujukan masa hadapan akan disertakan di bab terakhir ini.

BAB 2

SISTEM RADAR DAN ESM

2.1 Radar

Radar merupakan kependekan bagi *Radio Detection And Ranging*. Radar adalah sistem yang digunakan untuk mengesan, menentukan jarak dan memetakan objek dengan menggunakan gelombang radio. Pemancar akan menghasilkan gelombang radio yang mana kemudiannya akan dipantulkan oleh sasaran dan seterusnya dikesan oleh penerima. Walaupun biasanya isyarat radio yang diterima adalah kecil, tetapi ia boleh dikesan dan dikuatkan dengan mudah. Oleh sebab itu, radar berupaya untuk mengesan objek pada jarak yang jauh yang mana sekiranya cara lain digunakan untuk mengesan seperti bunyi dan daya penglihatan, ianya adalah terlalu lemah untuk digunakan(Wikipedia,2006).

2.1.1 Sejarah

Beberapa perekacipta, saintis dan jurutera telah menyumbangkan kepada pembangunan radar di dunia ini. Penggunaan gelombang radio untuk mengesan kewujudan objek besi pada suatu jarak dihasilkan pertama kali oleh Christian Hulsmeyer pada tahun 1904. Ia berupaya untuk mengesan kewujudan kapal walaupun dalam kabus yang tebal namun begitu ia tidak mampu untuk menentukan jarak sasaran yang dikesan.

Dalam perang dunia ke-2, demi mencapai kemenangan dalam peperangan, pembangunan terhadap radar yang dilakukan oleh pihak Amerika Syarikat, Jerman, Perancis dan British telah membawa kepada penggunaan radar yang sebenar. Kepentingan radar dapat dilihat dari hasil peperangan ini. Ini kerana penggunaan radar yang lebih baik dan berkesan akan memberikan peluang kemenangan yang lebih tinggi seterusnya mengubah keputusan peperangan.

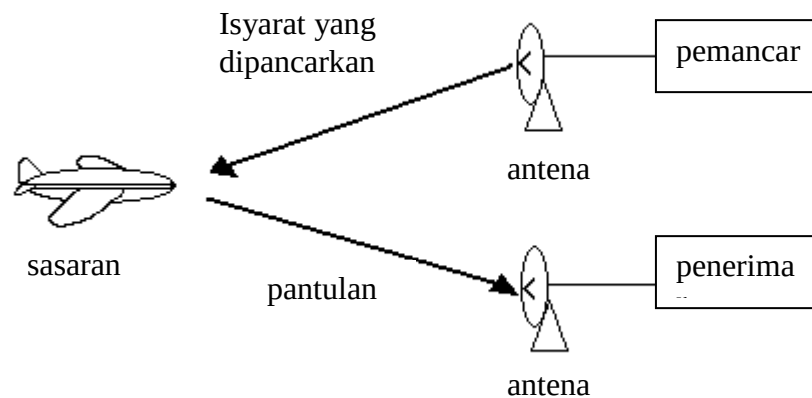
Setelah tamat perang dunia ke-2, peperangan beralih paksi kepada Amerika Syarikat dan Soviet Union iaitu dalam perang dingin. Kedua-dua pihak telah menghasilkan satu rangkaian radar yang besar yang bertujuan untuk mengesan serta memberikan amaran awal serangan yang dilakukan(Wikipedia,2006).

2.1.2 Prinsip Radar

Secara dasarnya radar adalah satu peralatan yang digunakan untuk meningkatkan lagi keupayaan manusia untuk melihat dan merekod perubahan persekitaran disekeliling (Byron,1993). Keupayaan radar tidak akan terhalang oleh kabus, salji, asap atau hujan.

Secara prinsipnya radar terdiri dari satu pemancar dan satu penerima yang masing-masing dihubungkan kepada antena. Radar melibatkan penghantaran denyut (*pulse*) gelombang elektromagnet dari antena berarah (*directional antenna*). Sebahagian dari denyut ini akan dipantulkan oleh objek yang menerimanya. Pantulan ini akan diterima oleh penerima dan kemudiannya diproses secara elektrik.

Jarak objek ditentukan dengan mengukur masa yang diambil untuk isyarat radar sampai kepada objek dan kembali. Manakala kedudukan objek pula diukur melalui kedudukan antena semasa menerima denyut yang dipantulkan dari objek. Maklumat yang dihasilkan oleh radar termasuklah kedudukan dan kelajuan sesuatu objek yang dikesan.



Rajah 2.1 Prinsip Radar(Rozilah,2004)

Apabila manusia menggunakan radar, mereka sebenarnya mahu mencapai 3 tujuan utama iaitu;

- Mengesan kehadiran objek pada jarak yang tertentu
- Mengesan kelajuan sesuatu objek
- Pemetaan

Ketiga-tiga objektif ini dapat dicapai dengan mengaplikasikan dua fenomena yang berlaku dalam kehidupan kita setiap hari iaitu:

- Gema
- Anjakan Doppler

Gema terhasil akibat dari pantulan gelombang bunyi pada suatu permukaan. Tempoh masa untuk gema berlaku bergantung kepada jarak antara punca gelombang dengan permukaan yang memantulkan gelombang tersebut. Anjakan Doppler pula berlaku apabila gelombang dihasilkan atau dipantulkan oleh suatu objek yang bergerak. Sebagai contoh dalam sistem radar, gelombang yang dipancarkan dari pemancar akan terpantul apabila berlanggar dengan objek. Keadaan ini adalah sama dengan fenomena

gema. Sekiranya objek tersebut bergerak, maka pantulan yang dihasilkan oleh objek tersebut merupakan fenomena anjakan Doppler.

2.2 ELECTRONIC SUPPORT MEASURE (ESM)

ESM ataupun sistem sokongan elektronik secara dasarnya merupakan satu sistem yang berdasarkan kepada sistem radar. Sistem ESM digunakan untuk mengesan arah pemancar yang memancarkan isyarat pada frekuensi yang tertentu. Berbeza dengan sistem radar dimana dalam sistem radar, penerima akan menerima isyarat pantulan yang terpantul selepas isyarat yang dipancarkan oleh pemancar terkena pada objek.

Di dalam sistem telekomunikasi ketenteraan, *Electronic Warfare Support Measure* (ESM) ini adalah sebahagian dari keluarga *Electronic Warfare* (EW) yang mana melibatkan proses mencari, memintas, menunjukkan sesuatu tempat serta pengecaman sebagai tujuan pengesanan awal sebarang bahaya yang datang (Rozilah, 2004). Dengan kata lain, ESM adalah satu cara penerimaan isyarat berfrekuensi radio bagi tujuan menunjukkan arah dan menganalisa isyarat yang diterima agar bahaya yang bakal tiba boleh dihalang dan diatasi. ESM membekalkan maklumat yang diperlukan untuk membuat keputusan dengan segera yang melibatkan *electronic counter measure* (ECM), *electronic counter counter measure* (ECCM), pengelakan, penyasaran dan taktik-taktik lain yang digunakan dalam ketenteraan. Maklumat ESM boleh digunakan untuk menghasilkan kebijaksanaan isyarat (*Signal Intelligent, SIGINT*), yang mana merupakan kebijaksanaan perhubungan (*Communication Intelligent, COMINT*) dan kebijaksanaan elektronik (*Electronic Intelligent, ELINT*) (Wikipedia, 2006).

BAB 3

ANTENA VIVALDI

3.1 Ciri-Ciri Antena

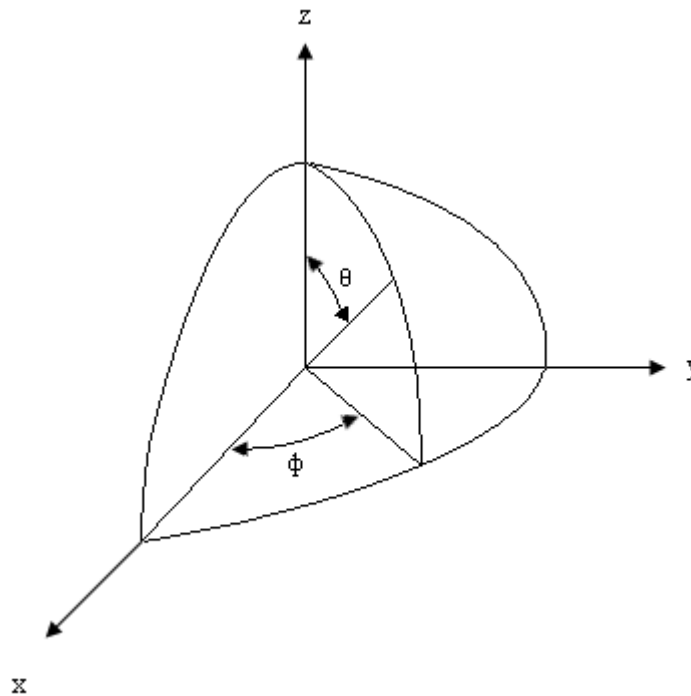
Antena boleh didefinisikan sebagai satu struktur peralihan diantara gelombang terpandu dan ruang bebas atau sebaliknya(Krauss,1988). Antena juga merupakan satu struktur yang berupaya untuk menukarkan tenaga elektrik kepada tenaga elektromagnet. Dengan kata lain, antena menukarkan isyarat berfrekuensi radio kepada arus ulang alik (AC)(Rozilah,2004).

Antena merupakan satu komponen pasif dimana ia tidak menguatkan atau mengubah isyarat yang diterima. Tenaga yang disebarkan oleh antena adalah sama sepertimana yang diterimanya. Secara umumnya terdapat dua jenis antena iaitu antena pemancar dan antena penerima. Antena pemancar digunakan untuk memancarkan isyarat berfrekuensi radio manakala antena penerima akan menukarkan isyarat berfrekuensi radio kepada arus ulang alik (AC).

Terdapat beberapa jenis antena yang mampu beroperasi pada jalur lebar lebih daripada satu oktaf antaranya:

- Antena hon tegar
- Antena pilin
- Antena berkala log
- Antena lubang alur tertirus

Perwakilan grafik untuk ciri-ciri penyinaran bagi sesuatu antena seperti ketumpatan, kekuatan medan, fasa dan sebagainya dipanggil corak penyinaran. Corak penyinaran suatu antena boleh diukur pada permukaan sfera berjejari tepat. Sebarang kedudukan pada sfera boleh dikenalpasti dengan menggunakan sistem koordinat sfera seperti Rajah 3.1 dibawah(Wan Abdullah,2000).

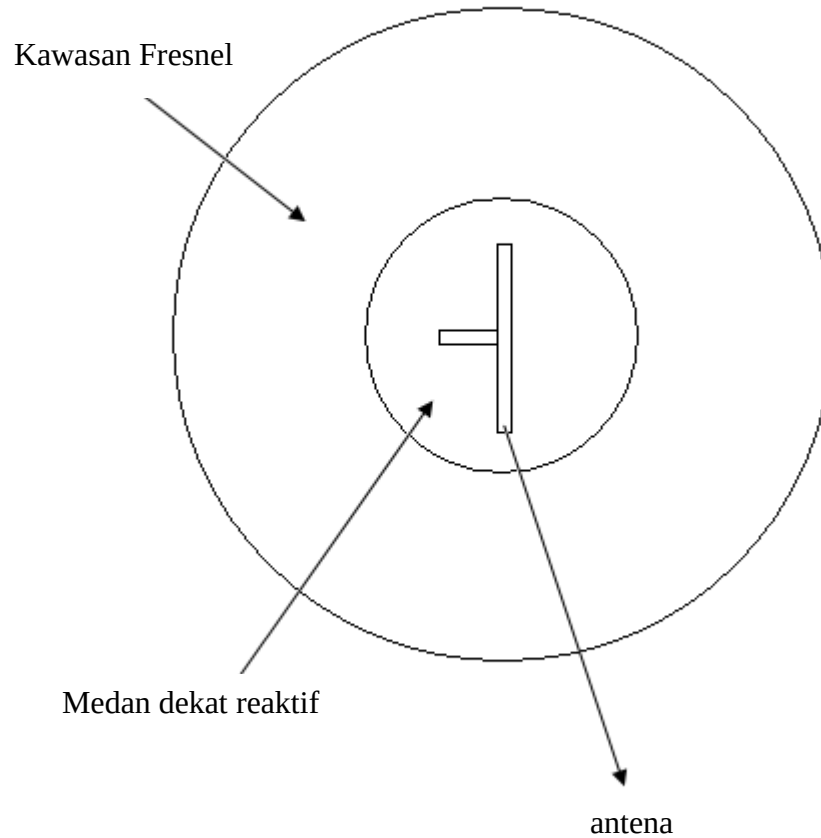


Rajah 3.1: Sistem Koordinat Sfera

Sudut azimuth, Φ serta sudut dongakan, θ boleh dilihat pada corak penyinaran yang terhasil. Antena boleh juga dinyatakan dalam dua corak yang asas iaitu corak satah H dan corak satah E. Bagi satah yang mengandungi vektor medan magnet dan arah penyinaran yang maksimum didefinisikan kepada satah H manakala bagi satah E pula merupakan satah yang mengandungi vektor medan elektrik dan arah penyinaran maksimum (Wan Abdullah, 2000).

Fresnel dan Fraunhofer merupakan dua daripada tiga medan yang mengelilingi antena. Fresnel merupakan medan dekat dan Fraunhofer pula bagi medan jauh manakala satu lagi medan yang mengelilingi antena ialah medan dekat reaktif. Susunan medan-medan ini dapat dilihat pada Rajah 3.2 dibawah (Wan Abdullah, 2000).

Kawasan Fraunhofer



Rajah 3.2: Susunan Medan-medan Antena

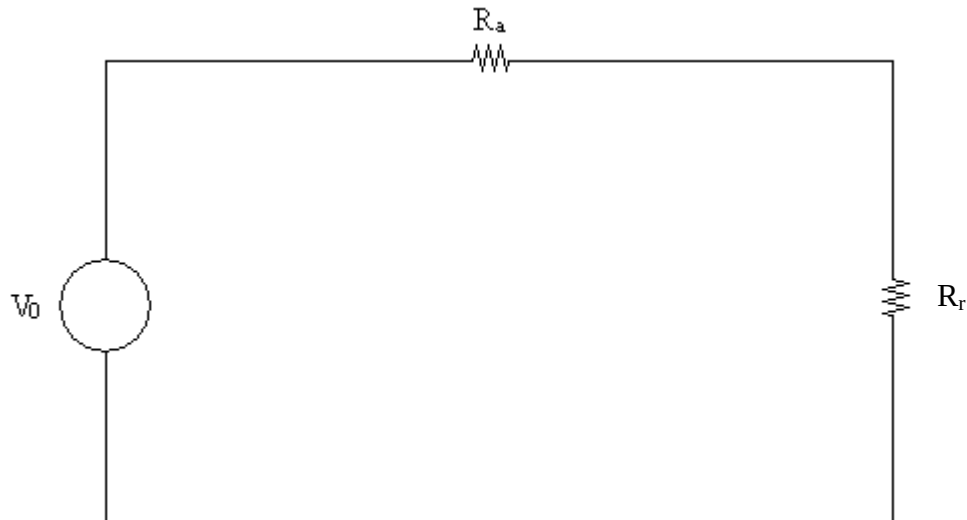
Lebar jalur bagi suatu antena merupakan julat frekuensi bagi ciri-ciri antena seperti corak penyinaran dan galangan boleh diterima atau dengan kata lain berada dalam piawai yang tepat. Kecekapan suatu antena boleh didefinisikan sebagai nisbah jumlah kuasa yang disinarkan kepada jumlah kuasa yang diterima. Kecekapan boleh dihitung menggunakan rumus dibawah.

$$\eta_{rad} = \frac{R_{rad}}{R_{rad} + R_{loss}} \quad 3.1$$

Namun begitu sekiranya rangkaian pemadanan digunakan, maka akan wujudnya rintangan dalam rangkaian ini iaitu R_m . Juga sekiranya antenna yang direkabentuk tidak mempunyai pemadanan yang baik, satu lagi rintangan akan terhasil iaitu R_f yang mana nilainya adalah kecil dan boleh diabaikan. Dengan mengambil kira kedua-dua faktor ini maka persamaan diatas boleh diubahsuai bagi mengira kecekapan keseluruhan, η_{tot} .

$$\eta_{tot} = \frac{R_{rad}}{R_{rad} + R_{loss} + R_m + R_f} \quad 3.2$$

Antena penerima boleh diwakilkan kepada bentuk litar yang setara sepertimana yang ditunjukkan pada Rajah 3.3(Rozilah,2004)



Rajah 3.3: Litar Setara Antena Penerima

Gelombang elektromagnet akan teraruh kedalam permukaan antenna dan seterusnya akan menghasilkan emf. V_0 dalam Rajah 3.3 adalah merupakan voltan emf yang teraruh kedalam antenna. R_r dan R_a masing-masing adalah galangan penerima dan galangan antenna. Sekiranya E_r dan L_{eff} masing-masing adalah magnitud medan elektrik

yang tiba pada antena dan panjang berkesan antena, maka voltan emf yang teraruh V_0 adalah:

$$V_0 = E_r \times L_{eff} \quad 3.3$$

Diketahui bahawa kuasa adalah:

$$\begin{aligned} P &= VI \\ &= \frac{V^2}{R} \end{aligned}$$

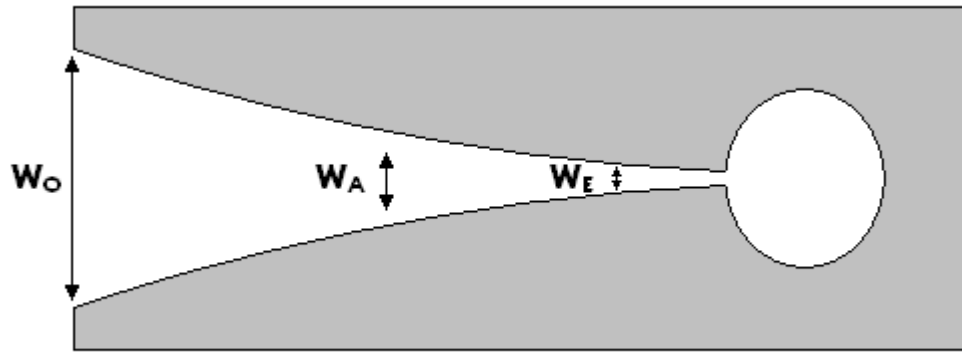
Daripada Rajah 3.3 kita dapat lihat bahawa $R = R_r + R_a$, maka

$$\therefore P_r = \frac{V^2}{R_r + R_a} \quad 3.4$$

$$P_r = \frac{E^2 L_{eff}}{R_r + R_a} \quad 3.5$$

3.2 Antena Vivaldi

Antena vivaldi (Rajah 3.4) adalah tergolong dalam kumpulan antena lubang alur tertirus. Antena vivaldi mempunyai slot yang menirus yang dibina di atas lapisan filem atau besi yang nipis. Selain daripada sifatnya yang ringan dan cekap, ia juga mempunyai kelebihan sebagai antena jenis lubang alur tertirus iaitu kebolehan untuk beroperasi pada lebar jalur frekuensi yang besar. Mendapatkan teknik suapan yang sesuai adalah perkara terpenting dalam merkabentuk antena ini (Raviprakash, 2004).



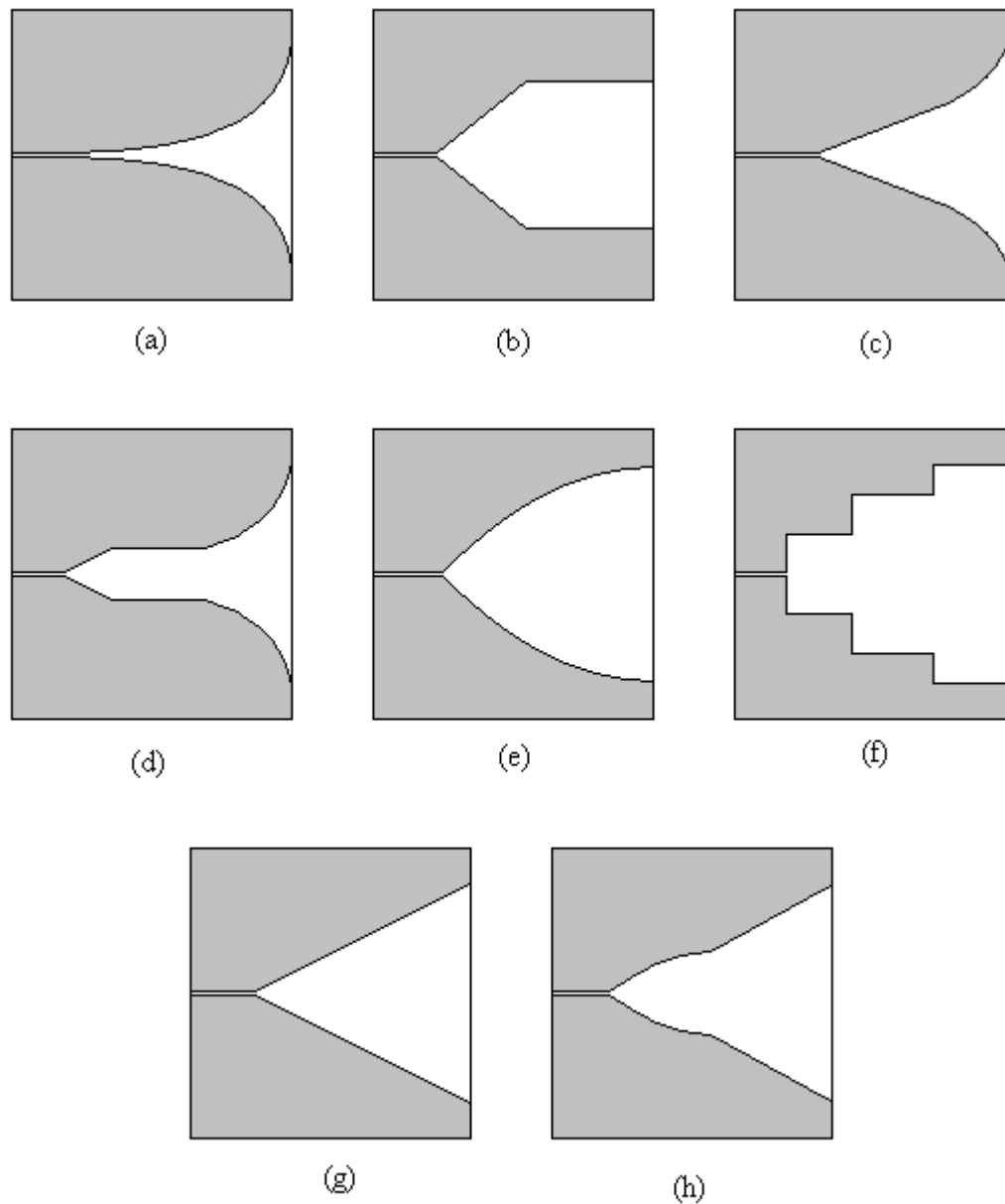
Rajah 3.4: Antena Vivaldi

Dimana: W_E = Lebar masukan alur
 W_A = Lebar alur pada kawasan penyinaran
 W_O = Lebar keluaran alur

Kefahaman tentang sifat-sifat antena vivaldi ini adalah perlu dan ianya boleh membantu dalam merekabentuk antena ini. Dari kajian dan rujukan yang telah dibuat, didapati bahawa antena jenis lubang alur tertirus mempunyai sifat-sifat seperti jalur lebar yang besar, keboleharahan (*directivity*) yang tinggi dan juga ia mampu menghasilkan corak sinaran yang simetri. Satu sifat yang sama bagi semua rekabentuk antena ini adalah lubang alurnya yang menirus secara eksponen.

3.2.1 Bentuk-Bentuk Penirusan

Terdapat banyak bentuk penirusan yang digunakan dalam rekabentuk antena lubang alur tertirus (TSA). Rajah 3.5 menunjukkan beberapa bentuk penirusan yang berbeza dan kita dapat lihat pada Rajah 3.5 itu dimana perbezaan antara setiap satu hanyalah pada corak penirusan lubang alur tertirus yang digunakan.

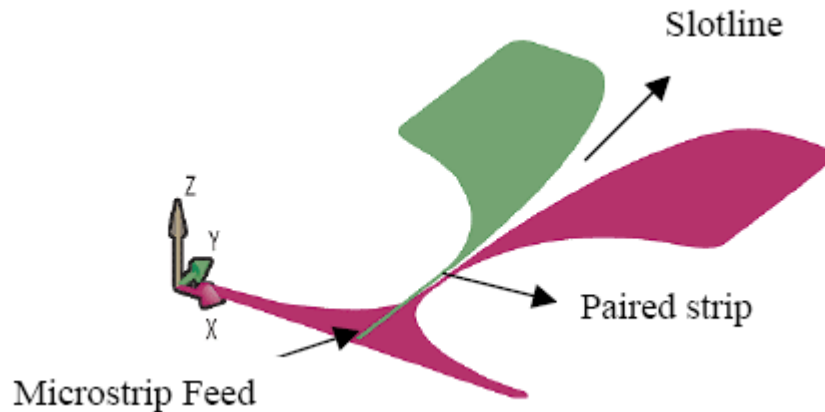


Rajah 3.5: Bentuk-bentuk Penirusan Pada Antena Lubang Alur Tertirus

Eksperimen yang telah dijalankan oleh Lee dan Simons telah menunjukkan bahawa lengkung yang menirus pada antena TSA memberikan impak kepada gandaan dan jalur lebar bagi antena lubang alur tertirus ini. Mereka juga telah menunjukkan bahawa jalur lebar antena akan berkurang dengan pengurangan nilai jejari lengkungan.

3.2.2 Antena Vivaldi Berlawanan Tepat

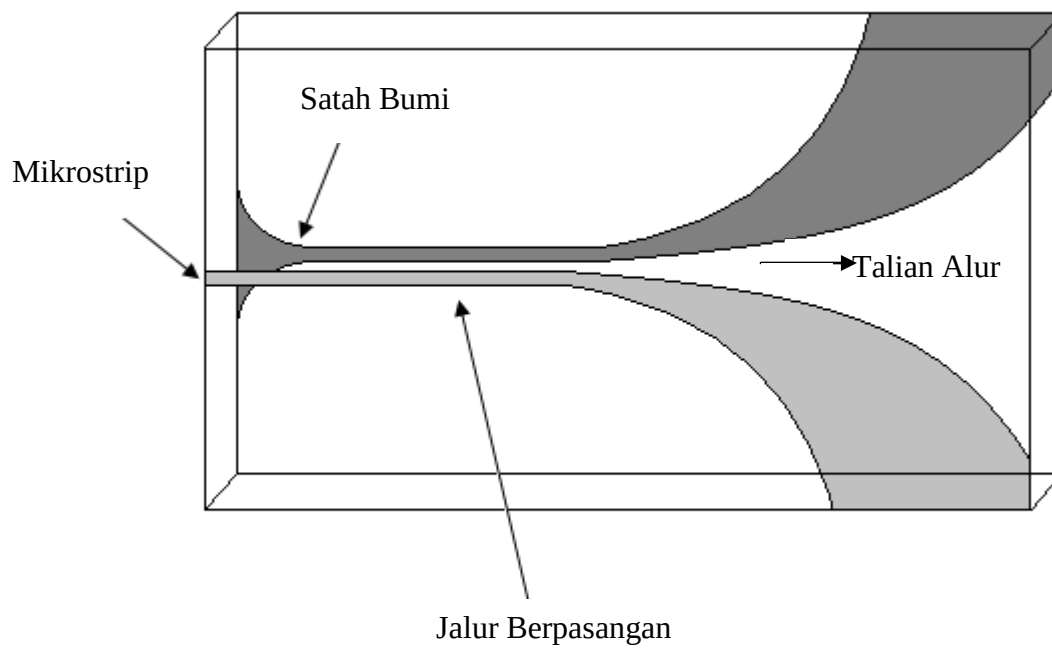
Dalam rekabentuk antenna ini, peralihan dari talian mikrostrip ke talian alur berlaku melalui talian jalur yang selari sepertimana ditunjukkan dalam Rajah 3.6 dibawah.



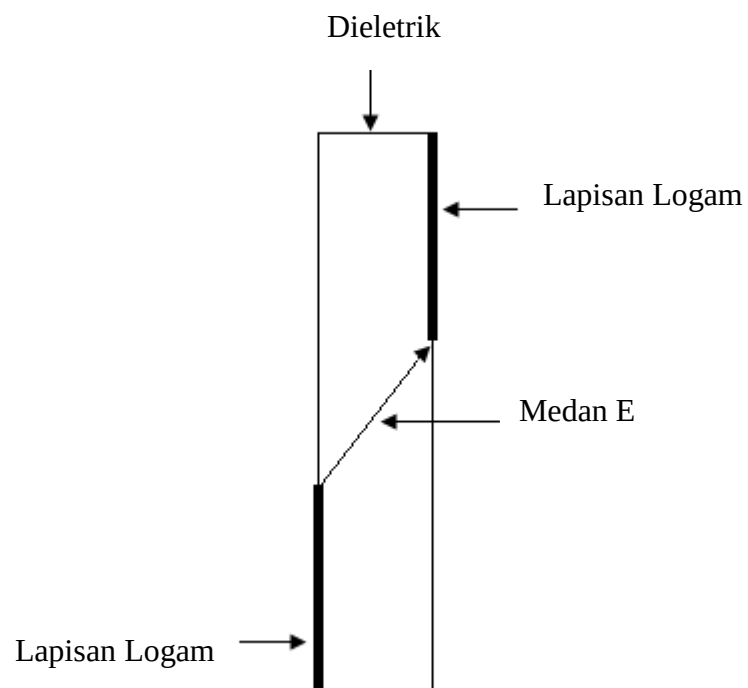
Rajah 3.6: Antena Vivaldi Berlawanan Tepat(Noronha et al,2003)

Mikrostrip digunakan sebagai suapan masukan, talian alur pula bertujuan untuk penyinaran manakala talian yang berpasangan itu pula adalah sebagai kawasan peralihan yang mana akan memberikan kesan yang kritikal kepada prestasi sesuatu antenna. Antena vivaldi berlawanan tepat terhasil dengan menggantikan talian lubang alur yang bermasalah dengan talian jenis jalur mikro.

Kesan penyinaran yang tidak dikehendaki boleh dilenyapkan oleh kedudukan penyuar dan talian penghantaran yang selari ini. Rajah 3.7 dibawah menunjukkan rekabentuk bagi antenna jenis antena vivaldi berlawanan tepat ini.



Rajah 3.7: Rekabentuk Antena Vivaldi Berlawanan Tepat

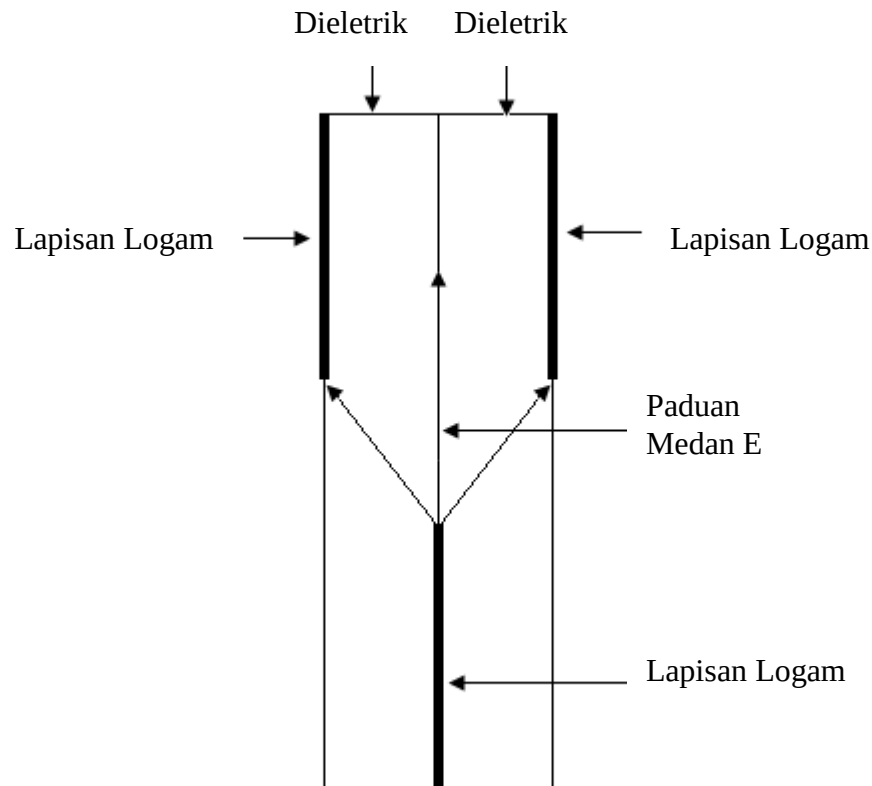


Rajah 3.8: Keratan Rentas Antena yang Menunjukkan Medan E Antena Vivaldi Berlawanan Tepat

Rajah 3.8 diatas menunjukkan corak medan E bagi antenna vivaldi berlawanan tepat.

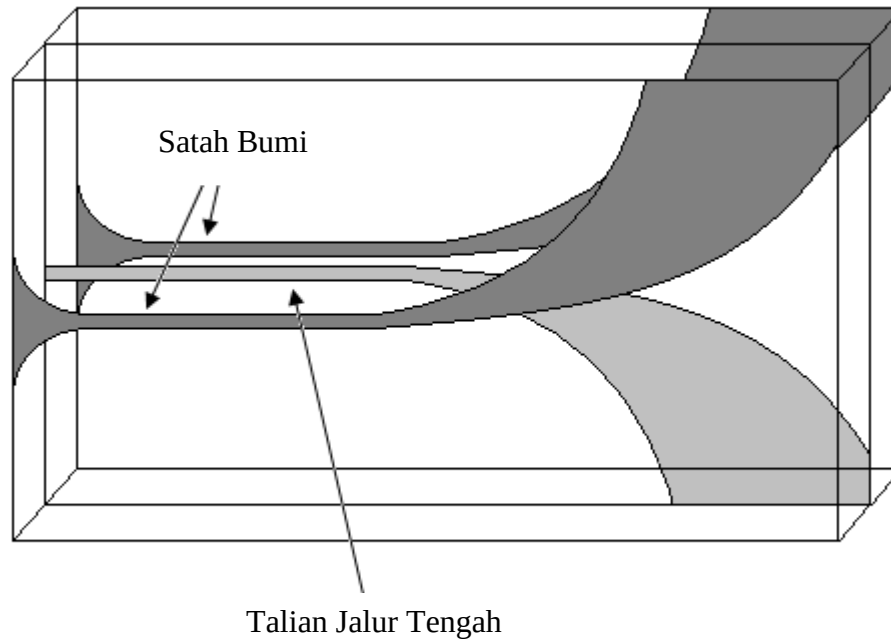
3.2.3 Antena Vivaldi Berlawanan Tepat Seimbang

Kita dapat lihat dari Rajah 3.8 bahawa corak sinaran medan E bagi antenna vivaldi berlawanan tepat adalah tidak begitu baik. Namun begitu corak sinaran medan E ini boleh dibaiki dengan menambahkan satu lagi lapisan iaitu lapisan ketiga pada antenna vivaldi berlawanan tepat. Penambahan lapisan ketiga pada rekabentuk antenna vivaldi berlawanan tepat menjadikannya sebagai antenna vivaldi berlawanan tepat seimbang. Kita dapat lihat pada Rajah 3.9 dibawah bahawa dengan penambahan lapisan ini maka paduan medan E yang seragam dapat dihasilkan. Rajah 3.9 menunjukkan paduan corak sinaran medan E bagi antenna vivaldi berlawanan tepat seimbang.



Rajah 3.9: Keratan Rentas Antena yang Menunjukkan Medan E Antena Vivaldi Berlawanan Tepat Seimbang

Rajah 3.10 dibawah merupakan rekabentuk bagi antenna vivaldi berlawanan tepat seimbang.



Rajah 3.10: Rekabentuk Antena Vivaldi Berlawanan Tepat Seimbang

Lebar talian alur sesuatu antenna dengan galangan kecirian 50Ω boleh dikira dengan menggunakan persamaan 3.6 dibawah(Brain,1991).

$$Z_o = \frac{\eta_o}{2\pi\sqrt{\epsilon_r}} \ln \left(1 + \frac{4(b-t)}{\pi w'} \left(\frac{8(b-t)}{\pi w'} + \sqrt{\left(\frac{8(b-t)}{\pi w'} \right)^2 + 6.27} \right) \right) \quad (3.6)$$

Dimana:

$$b = 2h + t$$

$$w' = w + \frac{\Delta w}{t} t$$

$$\Delta w = \frac{1}{\pi} \left\{ 1 - 0.5 \ln \left[\left(\frac{1}{2 \frac{(b-t)}{t} + 1} \right)^2 + \left(\frac{\frac{1}{4\pi}}{\frac{w}{t} - 1.1} \right)^m \right] \right\}$$

$$m = \frac{6}{3 + \frac{2t}{(b-t)}}$$

Rekabentuk serta pengiraan yang dibuat bagi merekabentuk satu antena vivaldi berlawanan tepat akan dijelaskan secara terperinci dalam bab seterusnya nanti.

BAB 4

REKABENTUK SISTEM RADAR PENCARI ARAH

4.1 Pengenalan

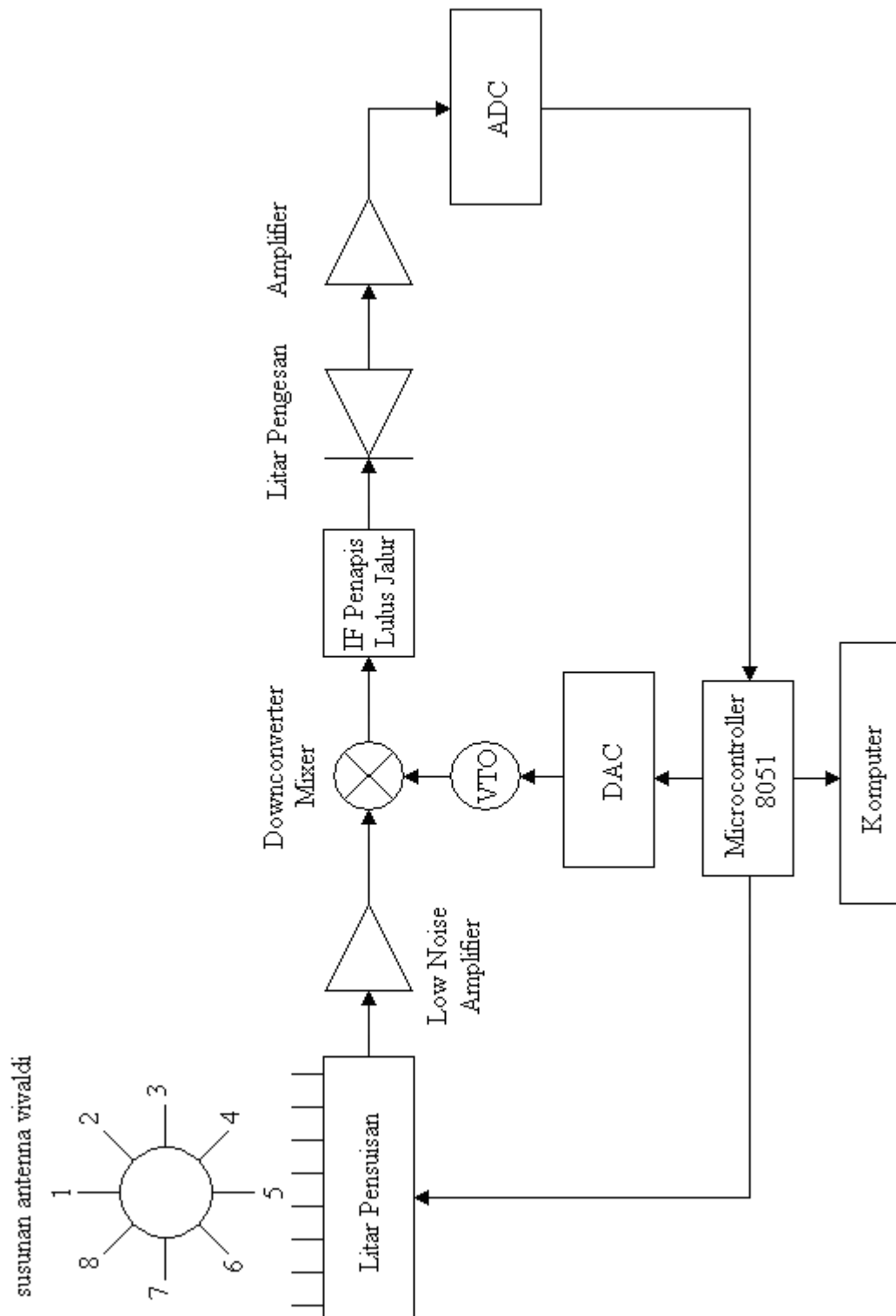
Bab ini akan membincangkan mengenai pengukuran, pengiraan yang dibuat serta penerangan secara terperinci mengenai setiap bahagian yang terlibat dalam rekabentuk radar pencari arah ini. Secara asasnya, sistem ini melibatkan empat bahagian yang utama iaitu:

- i. Litar RF
- ii. Litar pengesan
- iii. Litar kawalan
- iv. Sistem paparan

Litar RF merangkumi antenna vivaldi, litar pensuisan RF, litar pencampur penukarturun, litar penguat hingar rendah dan litar pengayun varaktor boleh laras. Litar pengesan terdiri daripada litar penukar isyarat RF ke voltan DC serta litar penguat manakala litar kawalan pula melibatkan litar penukar isyarat analog kepada isyarat digital, penukar isyarat digital kepada isyarat analog dan papan litar pelatoh 8051.

Pada bahagian paparan pula sebenarnya melibatkan proses pemetaan atau pemaparan arah isyarat yang diterima oleh penerima pada skrin komputer. Ini akan dilakukan dengan menggunakan bantuan perisian Matlab.

Rajah 4.1 menunjukkan gambarajah blok bagi keseluruhan sistem radar pencari arah yang direkabentuk.



Rajah 4.1: Gambarajah Sistem Radar Pancari Arah

4.2 Parameter Serakan Atau Parameter S.

Parameter S biasanya digunakan dalam sistem bergelombang mikro bagi menentukan keupayaan sesuatu peranti. Antara parameter yang penting adalah S_{11} , S_{12} , S_{21} dan S_{22} . Prestasi suatu peranti boleh ditentukan dengan mendapatkan nilai bagi parameter-parameter ini. Rajah 4.2 menunjukkan satu rangkaian dua liang(Wan Abdullah,2000).



Rajah 4.2: Rangkaian dua liang

Dari Rajah 4.2, pekali penghantaran dan pekali pemantulan boleh dikira menggunakan persamaan (4.1) dan persamaan (4.2) masing-masing.

$$T = \frac{V_t}{V_i} \quad (4.1)$$

$$\Gamma = \frac{V_r}{V_i} \quad (4.2)$$

Dimana: V_t = nilai voltan bagi isyarat yang berjaya dihantar
 V_r = nilai voltan bagi isyarat yang dibekalkan

Persamaan (4.3) dan persamaan (4.4) masing-masing menunjukkan nilai voltan bagi isyarat yang keluar dari liang 1 dan nilai voltan bagi isyarat yang keluar dari liang 2.

$$V_{b1} = \frac{V_{r1}}{V_{i1}} V_{i1} + \frac{V_{t2}}{V_{i2}} V_{i2} \quad (4.3)$$

$$V_{b2} = \frac{V_{t1}}{V_{i1}} V_{i1} + \frac{V_{r2}}{V_{i2}} V_{i2} \quad (4.4)$$

Persamaan (4.3) dan persamaan (4.4) boleh diringkaskan menjadi seperti persamaan (4.5) dan persamaan (4.6) dibawah.

$$V_{b1} = \Gamma_1 V_{i1} + T_{12} V_{i2} \quad (4.5)$$

$$V_{b2} = T_{21} V_{i1} + \Gamma_2 V_{i2} \quad (4.6)$$

Oleh itu,

$$\begin{bmatrix} V_{b1} \\ V_{b2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Gamma_1 & T_{12} \\ T_{21} & \Gamma_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{i1} \\ V_{i2} \end{bmatrix} \quad (4.7)$$

Persamaan (4.7) boleh ditulis dalam bentuk parameter S seperti persamaan (4.8) dibawah.

$$\begin{bmatrix} V_{b1} \\ V_{b2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{i1} \\ V_{i2} \end{bmatrix} \quad (4.8)$$

Namun begitu, kebiasaannya parameter S ditulis dalam bentuk seperti dibawah iaitu dalam bentuk logaritma.

$$S_{11} = 20 \log |\Gamma_1| \quad (4.9)$$

$$S_{12} = 20 \log |T_{12}| \quad (4.10)$$

$$S_{21} = 20 \log |T_{21}| \quad (4.11)$$

$$S_{22} = 20 \log |\Gamma_2| \quad (4.12)$$