

# Radio *Direction Finder* pada HF Band sebagai Elemen dari *Passive Radar*

Rustamaji<sup>1\*)</sup>, Kania Sawitri<sup>2)</sup> dan Ghaniyman Fuady<sup>3)</sup>

<sup>1, 2, 3)</sup> Department of Electrical Engineering, Institut Teknologi Nasional (Itenas), Indonesia  
Corresponding email: \*) rustamaji@itenas.ac.id

**Abstract** – A Radio detection and ranging (radar) is used to detect and track objects in the air and on land, one type of the radar that is known is a passive radar. The radio direction finder (RDF) as an element of a passive radar is used to determine the direction angle, based on a radio waves that emitted by an object. The purpose of this study is to produce a RDF that works on HF bands as passive radar elements. In this study a RDF has been produced, which consists: a receive antenna in the form of a dipole  $\lambda/8$  and a yagi 5 elements with horizontal polarization, a tuning circuit, an AM signal detector, an audio amplifier, and equipped with a level signal display in the form of a S meter and a loudspeaker. The test results for outside and inside the room at a certain time, the RDF can detect the angle of direction of horizontal plane of an object or AM transmitter from  $0^\circ$  to  $360^\circ$  in the frequency range between 4.02 to 10.76 MHz. The results of detecting the angle of direction of an object or a transmitting radio waves in the HF band, in the form of a signal level are then plotted on the polar diagram of the horizontal plane, and the sound can be heard through the loudspeaker. Furthermore, the results of this study can be used for the development of a RDF independently, and its implementation in the passive radar.

**Key words:** AM detector, Antenna, audio amplifier, passive radar, RDF, tuning.

## I. PENDAHULUAN

Pada saat ini teknologi *radio detection and ranging* (radar) yang digunakan untuk mendeteksi dan melacak (*detect and track*) obyek-obyek di udara dan di darat, berkembang sangat pesat. Salah satu jenis radar, yaitu *passive radar* dikembangkan untuk memungkinkan *air traffic controller* dan militer secara lebih akurat mendeteksi pesawat terbang pada jarak dekat hingga menengah [1].

Pada sistem *passive radar* terdapat satu bagian atau elemen, yaitu *radio direction finder* (RDF) yang berfungsi untuk mengetahui sudut arah suatu obyek atau pemancar. RDF bekerja dengan cara mendeteksi pancaran (*illumination*) gelombang radio yang dipancarkan dari suatu obyek atau pemancar, yang bekerja pada *high frequency* (HF) hingga *ultra high frequency* (UHF) band. Masalah-masalah dasar RDF yang terjadi pada HF band, seperti instrumen yang digunakan, propagasi gelombang, pembacaan bearing yang diperoleh, telah diteliti oleh [2].

Pentingnya pengembangan RDF sebagai elemen *passive radar*, antara lain karena: masih banyak instansi militer ataupun komersial mengoperasikan AM transmitter pada HF band [3] yang dapat digunakan sebagai sumber *illuminator*, dan juga jenis radar seperti *over the horizon radar* (OTHR) dan radar untuk *remote sensing* di lautan, beroperasi pada HF band [4]. Kerumitan dan kerahasiaan teknologi RDF hanya dikuasai oleh pabrikan tertentu seperti [5], dengan biaya produksi yang mahal. Sumber daya untuk penelitian dan penguasaan teknologi mengenai RDF di dalam negeri, masih sangat terbatas.

Beberapa penelitian yang membahas RDF, sebagai sumber referensi pada tulisan ini, antara lain: desain *passive radar system* menggunakan *commercial FM transmitter* sebagai sumber *illuminator* oleh [6]. Riset dan realisasi *handheld radio* sebagai fungsi *direction finding* [7]. Penentuan besaran sinyal keluaran RDF yang terintegrasi dengan perangkat ESM, menggunakan software oleh [8]. Implementasi *direction finding* dengan menggunakan *software defined radio* (SDR) oleh [9]. Penyelidikan desain RDF untuk operasi penyelamatan menggunakan telepon seluler korban sebagai suar pelokasi, menggunakan suara korban untuk membimbing penyelamat menuju target mereka oleh [10]. Antena Array sebagai antena penerima pada perangkat RDF yang bekerja pada UHF band oleh [11]. Metodologi untuk estimasi posisi suatu sumber sinyal dengan *arithmetic mean triangulation* oleh [12]. Simulasi cara kerja dari RDF untuk mencari posisi frekuensi radio dengan metode algoritma *triangle centroid* oleh [13]. Perspektif baru sistem RDF untuk deteksi geomagnetik di permukaan bumi oleh [14]. Pembatasan-pembatasan dalam *direction-finding process* dari sumber radio dengan antena *directional* di lingkungan perkotaan oleh [15].

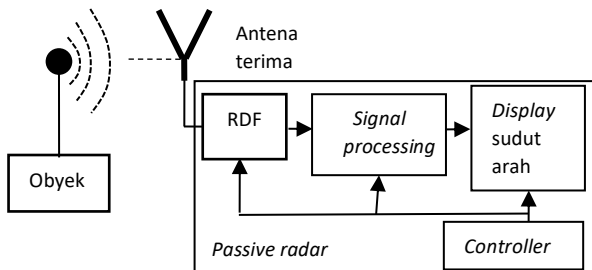
Oleh karena pentingnya penguasaan teknologi RDF untuk mendukung pengembangan sistem *passive radar* di dalam negeri, dan masih banyak instansi militer ataupun komersial yang mengoperasikan AM transmitter, serta perangkat lain pada HF band yang dapat digunakan sebagai sumber *illuminator* oleh RDF, maka pada penelitian ini dilakukan desain dan realisasi RDF yang bekerja pada HF band sebagai elemen dari *passive radar*.

Artikel ini membahas tentang hasil penelitian RDF yang bekerja pada HF band sebagai elemen *passive radar*, yang berfungsi untuk menentukan sudut arah suatu obyek atau pemancar radio gelombang AM. Lebih lanjut hasil

penelitian ini dapat digunakan untuk pengembangan RDF secara mandiri, dan implementasinya pada sistem *passive radar*.

## II. METODOLOGI

Diagram blok dasar dari *passive radar* disajikan pada Gambar 1.



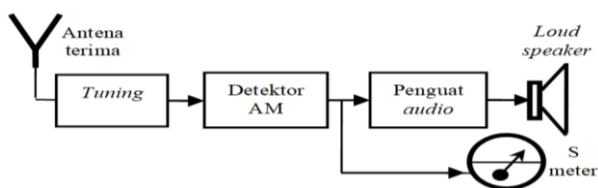
Gambar 1. Diagram blok dasar dari *passive radar*

Dari Gambar 1, diagram blok dasar dari *passive radar*, terdiri dari antena terima, RDF, *signal processing*, *controller*, dan *display* sudut arah. *Passive radar* berfungsi untuk menentukan posisi dan arah suatu obyek, berdasarkan pancaran gelombang radio dari obyek tersebut.

Pada tulisan ini, dibahas desain dan realisasi RDF sebagai elemen dari *passive radar*, yang berfungsi untuk menentukan sudut arah obyek atau pemancar radio gelombang AM pada HF band. Dengan metodologi, berupa:

- Desain dan realisasi RDF yang dapat berfungsi untuk menentukan sudut arah obyek atau pemancar radio gelombang AM pada HF band, meliputi tahapan:
  - desain dan realisasi antena terima, untuk menangkap gelombang radio pada HF band,
  - desain dan realisasi rangkaian *tuning* pada HF band,
  - desain dan realisasi rangkaian detektor AM, dan
  - desain penguat *audio*.
- Pengujian RDF untuk menentukan sudut arah dari suatu obyek atau pemancar radio gelombang AM pada HF band, meliputi:
  - pengujian di dalam ruangan (laboratorium), dan
  - pengujian di lapangan.

Diagram blok RDF untuk penentuan sudut arah dari suatu obyek atau pemancar radio gelombang AM pada HF band, seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram blok RDF

Dari Gambar 2, diagram blok RDF terdiri dari: antena terima, rangkaian *tuning*, detektor AM, penguat *audio*,

serta dilengkapi dengan penampil *level* sinyal berupa S meter dan *loudspeaker*.

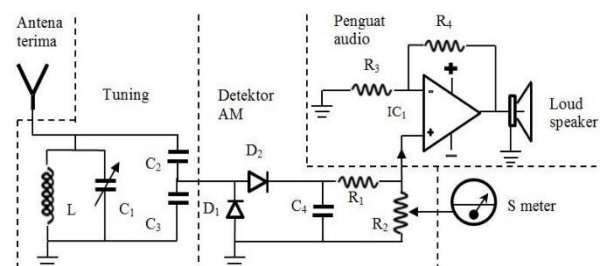
Spesifikasi dari rangkaian RDF, yaitu:

- Antena terima, berupa antena *dipole*  $\lambda/8$  dan antena *yagi* 5 elemen dengan polarisasi horisontal,
- Rangkaian *tuning* bekerja pada daerah HF band atau frekuensi 3 s.d 30 MHz,
- Detektor AM berupa jenis detektor energi,
- Display level* sinyal informasi menggunakan S meter, dan *loudspeaker* untuk mendengarkan suaranya,
- Level* sinyal diplot secara manual pada diagram polar,
- RDF dapat mendeteksi sudut arah pada bidang horisontal suatu obyek atau pemancar radio.

Hasil penentuan sudut arah dari suatu obyek atau pemancar radio gelombang AM oleh RDF, berupa *level* tegangan ditampilkan pada S meter dan dikeluarkan melalui *loudspeaker* berupa suara. Tinggi *level* tegangan pada S meter, dan kerasnya suara dari *loudspeaker* menunjukkan sudut arah dari obyek atau pemancar gelombang radio yang dideteksi oleh RDF.

Antena terima diarahkan dengan cara diputar sebesar  $0^\circ$  s.d  $360^\circ$  pada bidang horisontal untuk menangkap pancaran gelombang radio pada HF band dari obyek yang akan dideteksi sudut arahnya, selanjutnya gelombang radio yang ditangkap antena, akan dipilah oleh rangkaian *tuning* sesuai frekuensi gelombang pada HF band antara 3 s.d 30 MHz. Sinyal keluaran *tuning* akan dideteksi oleh detektor AM, sehingga diperoleh sinyal informasi yang dibawa. *Level* sinyal informasi akan ditampilkan pada S meter, dan juga akan diperkuat oleh penguat *audio* sehingga dapat didengar secara langsung melalui *loudspeaker*. Ketepatan sudut arah dari obyek yang dideteksi dapat diketahui dari tinggi rendahnya *level* yang terbaca pada S meter dan dari keras lemahnya suara yang terdengar melalui *loudspeaker*.

Rangkaian lengkap RDF untuk penentuan sudut arah dari suatu obyek atau pemancar radio gelombang AM pada HF band, seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian lengkap RDF

### A. Antena Terima

Antena terima untuk menangkap pancaran gelombang radio dari obyek yang akan ditentukan sudut arahnya, menggunakan jenis antena *dipole*  $\lambda/8$  dan antena *yagi* 5 elemen dengan polarisasi horisontal, bekerja pada HF band atau frekuensi 3 s.d 30 MHz. Antena terima yang digunakan seperti pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Antena terima (a) antena *dipole*  $\lambda/8$  (b) antena yagi 5 elemen

Panjang elemen antena *dipole* dan radiator dari antena *yagi* ditentukan sebesar  $\lambda/8$ , dapat dihitung menggunakan persamaan [1]:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (1)$$

dimana:

$\lambda$  = panjang gelombang (m)

$c$  = kecepatan rambat gelombang radio di udara bebas  
=  $3 \times 10^8$  m/s

$f$  = frekuensi kerja =  $3 \times 10^6$  Hz

Sehingga panjang elemen antena, adalah:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{30 \times 10^6} = 10 \text{ m} \quad \text{atau} \quad \frac{\lambda}{8} = \frac{10}{8} = 1,25 \text{ m}$$

### B. Tuning

Rangkaian *tuning* untuk memilah gelombang radio yang ditangkap oleh antena terima, sesuai frekuensi gelombang pada HF *band* atau frekuensi 3 s.d 30 MHz. Rangkaian *tuning* yang beresonansi pada frekuensi  $f_0$  berupa susunan LC paralel [17], seperti pada Gambar 3. Besar frekuensi resonansi susunan LC paralel pada rangkaian *tuning* dihitung menggunakan persamaan [18]:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (2)$$

dimana:

$f_0$  = frekuensi resonansi susunan LC paralel (Hz)

$L$  = induktansi paralel (henry)

$C$  = kapasitansi paralel (farad)

Untuk dapat bekerja pada HF *band* atau frekuensi 3 s.d 30 MHz, dengan panjang gelombang 100 s.d 10 m, dibutuhkan  $L$  dan  $C$  seperti pada Tabel 1 [17]:

**Tabel 1.** L dan C Rangkaian *Tuning*

L dan C	Band					
	160 m	80 m	40 m	20 m	15 m	10 m
$L_1$ ( $\mu\text{H}$ )	100	25	10	2,2	1,3	0,5
$C_2$ (pF)	25	25	15	15	10	10
$C_3$ (pF)	100	100	68	68	47	47

berdasarkan pada persamaan 2:

untuk *band* 10 m atau  $f_0$  maksimum = 30 MHz, dipilih:

$$C_1 \text{ minimum} = \frac{1}{(2\pi f_0)^2 \cdot L_1} = \frac{1}{(2\pi \cdot 30 \times 10^6)^2 \cdot 0,5 \times 10^{-6}} = 56,29 \text{ pF}$$

untuk *band* 100 m atau  $f_0$  minimum = 3 MHz, dipilih:

$$C_1 \text{ maksimum} = \frac{1}{(2\pi f_0)^2 \cdot L_1}$$

$$= \frac{1}{(2\pi \cdot 3 \times 10^6)^2 \cdot 0,5 \times 10^{-6}} = 5629 \text{ pF}$$

untuk dapat bekerja pada frekuensi 3 s.d 30 MHz, dipasang induktor  $L_1 = 0,5 \mu\text{H}$  dan kapasitor variabel  $C_1 = \pm 100 \text{ pF}$ .

### C. Detektor AM

Detektor AM berfungsi untuk mengambil sinyal informasi yang dibawa oleh sinyal AM keluaran rangkaian *tuning*, berupa detektor energi yang tersusun dari dioda penyearah dan filter RC [17], seperti pada Gambar 3. Dioda penyearah  $D_1$  dan  $D_2$  untuk menyearahkan sinyal keluaran rangkaian *tuning*, menggunakan dioda 1N34A. Filter RC orde 1 untuk meratakan sinyal keluaran dari dioda penyearah, dengan frekuensi *cut-off*  $f_c$  dihitung menggunakan persamaan [18]:

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad (3)$$

dimana:

$f_c$  = frekuensi *cut-off* (Hz)

$R$  = resistansi ( $\Omega$ )

$C$  = kapasitansi (farad)

Untuk frekuensi *cut-off*  $f_c$  antara 0,5 s.d 1,5 kHz dan dengan kapasitor  $C_4 = 0,01 \mu\text{F}$ , maka besarnya resistor  $R$  berdasarkan pada persamaan 3, untuk  $f_c = 1,5 \text{ kHz}$ , diperoleh:

$$R = \frac{1}{2\pi f C_4} = \frac{1}{2\pi \cdot 1,5 \times 10^3 \cdot 0,01 \times 10^{-6}} = 10,610 \text{ k}\Omega$$

untuk  $f_c = 0,5 \text{ kHz}$ , diperoleh:

$$R = \frac{1}{2\pi f C_4} = \frac{1}{2\pi \cdot 0,5 \times 10^3 \cdot 0,01 \times 10^{-6}} = 31,830 \text{ k}\Omega$$

Pada realisasinya, resistor  $R$  menggunakan resistor tetap  $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$  seri dengan resistor variabel  $R_2 = 25 \text{ k}\Omega$ .

### D. Penguat Audio

Penguat *audio* berfungsi untuk memperkuat level tegangan sinyal informasi dari keluaran detektor AM, berupa op-amp konfigurasi *non-inverting* menggunakan IC LM741, seperti pada Gambar 3. Besarnya penguatan tegangan dihitung menggunakan persamaan [19]:

$$A_V = \frac{V_o}{V_i} = \left( \frac{R_4}{R_3} + 1 \right) \quad (4)$$

dimana:

$A_V$  = penguatan tegangan

$V_o$  = tegangan keluaran penguat (V)

$V_i$  = tegangan masukan penguat (V)

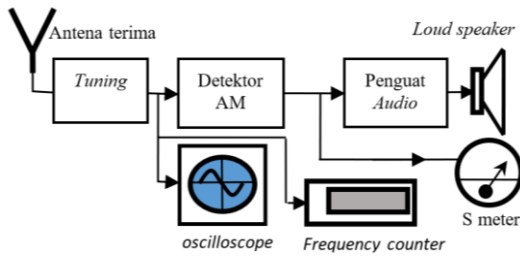
$R_3, R_4$  = resistor *input* dan umpan balik penguat ( $\Omega$ )

untuk penguatan tegangan  $A_V = 20$  dan  $R_3 = 1 \text{ k}\Omega$ , maka besar resistor  $R_4 = 19 \text{ k}\Omega$ , direalisasikan menggunakan resistor tetap  $20 \text{ k}\Omega$ .

## III. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian dan analisis dari rangkaian RDF untuk menentukan sudut arah suatu obyek atau pemancar gelombang radio pada HF *band*, meliputi: pengukuran sinyal keluaran rangkaian *tuning*, detektor AM, penguat *audio*, dan pengujian rangkaian RDF untuk menentukan

sudut arah suatu obyek atau pemancar gelombang radio pada HF band. Diagram blok pengujian rangkaian RDF seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram blok pengujian rangkaian RDF

Pengujian rangkaian RDF untuk menentukan sudut arah suatu obyek atau pemancar gelombang radio pada HF band, dilakukan beberapa kali di dalam dan di luar ruangan (lapangan) di waktu tertentu. Antena terima yang digunakan berupa *dipole*  $\lambda/8$  dan *yagi* 5 elemen dengan polarisasi horisontal yang diarahkan ke suatu obyek dengan diputar  $360^\circ$  setiap interval  $10^\circ$  pada bidang horisontal.

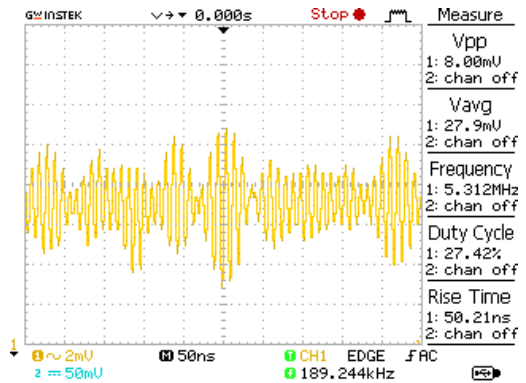
#### A. Pengukuran Sinyal Keluaran Rangkaian Tuning

Hasil pengukuran untuk mengetahui kemampuan rangkaian *tuning* dalam menerima dan memilah gelombang sinyal pada HF band atau rentang frekuensi 3 s.d 30 MHz yang dipancarkan suatu obyek atau pemancar radio, dengan cara mengubah-ubah kapasitansi dari kapasitor variabel  $C_1$ . Hasil pengukuran sinyal keluaran rangkaian *tuning* seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Sinyal Keluaran Rangkaian Tuning

Antena terima	Sudut arah obyek $\Theta$ ( $^\circ$ )	Sinyal keluaran <i>tuning</i>		Keterangan	
		Amplitudo ( $mV_{pp}$ )	Frekuensi (MHz)	Waktu (thn 2018)	Tempat
<i>Dipole</i>	200	9,19	5,65	24 Agt	Di luar ruangan
<i>Yagi</i>	170	6,40	8,02		
<i>Dipole</i>	30	9,03	4,02	27 Agt	
<i>Yagi</i>	150	6,15	7,68		
<i>Dipole</i>	60	7,19	5,82	28 Agt	
<i>Yagi</i>	140	7,36	10,43		
<i>Dipole</i>	90	14,8	7,54	25 Agt	Di dalam ruangan
<i>Yagi</i>	200	19,6	10,76		
<i>Dipole</i>	140	16,7	5,12	26 Agt	
<i>Yagi</i>	250	19,8	10,38		
<i>Dipole</i>	190	14,8	4,98	29 Agt	
<i>Yagi</i>	230	18,7	5,45		
<i>Dipole</i>	220	10,3	9,87	23 Agt	
<i>Yagi</i>	190	8,8	8,34		

Dari Tabel 2 dapat diketahui, rangkaian *tuning* dapat bekerja pada daerah frekuensi 4,02 s.d 10,76 MHz. Bentuk sinyal keluaran rangkaian *tuning* berupa gelombang AM dengan frekuensi 5,312 MHz, seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Gelombang sinyal AM keluaran rangkaian *tuning* pada frekuensi 5,312 MHz

#### B. Pengukuran Sinyal Keluaran Rangkaian Detektor AM

Hasil pengukuran untuk mengetahui kemampuan rangkaian detektor AM dalam mendeteksi sinyal informasi yang dibawa oleh sinyal AM keluaran rangkaian *tuning*. Pengambilan data pengukuran di luar dan di dalam ruangan seperti pada gambar 7.



(a) (b)

Gambar 7. Pengambilan data pengukuran (a) di luar ruangan (b) di dalam ruangan

Hasil pengukuran sinyal keluaran rangkaian detektor AM seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Sinyal Keluaran Rangkaian Detektor AM

Antena terima	Sudut arah obyek $\Theta$ ( $^\circ$ )	Amplitudo Sinyal keluaran detektor AM		Keterangan	
		( $mV_{pp}$ )	dBm	Waktu (thn 2018)	Tempat
<i>Dipole</i>	200	3,80	-48,40	24 Agt	Di luar ruangan
<i>Yagi</i>	170	4,60	-46,74		
<i>Dipole</i>	30	4,20	-47,53	27 Agt	
<i>Yagi</i>	150	4,80	-46,37		
<i>Dipole</i>	60	3,80	-48,40	28 Agt	
<i>Yagi</i>	140	4,70	-46,55		
<i>Dipole</i>	90	11,3	-38,87	25 Agt	Di dalam ruangan (lantai 4)
<i>Yagi</i>	200	15,18	-36,37		
<i>Dipole</i>	140	13,91	-47,13	26 Agt	
<i>Yagi</i>	250	17,72	-35,03		
<i>Dipole</i>	190	10,12	-39,89	29 Agt	
<i>Yagi</i>	230	15,18	-36,37		
<i>Dipole</i>	220	116,5	-18,67	23 Agt	
<i>Yagi</i>	190	208,5	-13,61		

Dari Tabel 3 dapat diketahui, rangkaian detektor AM dapat mendeteksi sinyal informasi yang dibawa oleh sinyal AM. *Level* sinyal informasi keluaran rangkaian

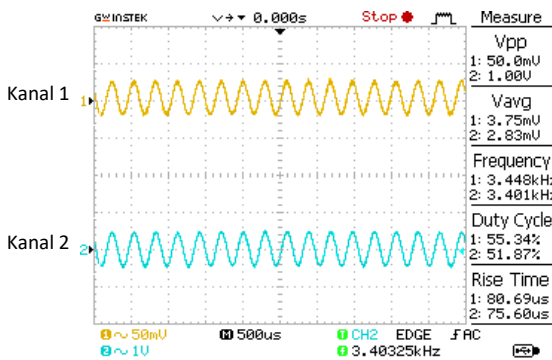
detektor AM ditampilkan pada S meter atau AC millivolt meter, sebesar:

- di dalam ruangan (lantai 4): antara 10,12 s.d 208,5 mV<sub>pp</sub> atau -47,13 s.d -13,61 dBm.
- di luar ruangan (lapangan): antara 3,80 s.d 4,80 mV<sub>pp</sub> atau -48,40 s.d -46,37 dBm.

Kemudian hasil ini diplot secara manual pada diagram polar bidang horisontal, serta didengar suaranya melalui *loudspeaker*. Level sinyal informasi tertinggi, sesuai dengan suara yang terdengar paling keras melalui *loudspeaker*.

### C. Pengukuran Sinyal Keluaran Rangkaian Penguat Audio

Hasil pengukuran untuk mengetahui besarnya penguatan tegangan rangkaian penguat *audio*. Dari hasil pengukuran, untuk amplitudo sinyal masukan 50 mV<sub>pp</sub> pada frekuensi antara 100 s.d 3400 Hz diperoleh penguatan tegangan antara 18 s.d 20 kali dari penguatan tegangan yang diharapkan sebesar 20 kali. Gelombang sinyal masukan dan keluaran rangkaian penguat *audio* pada frekuensi ± 3400 Hz, seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Gelombang sinyal masukan (kanal 1 – atas) dan keluaran (kanal 2 – bawah) rangkaian penguat *audio*

### D. Pengujian RDF untuk Menentukan Sudut Arah Suatu Obyek atau Pemancar Gelombang Radio pada HF Band

Hasil pengujian untuk mengetahui kemampuan RDF menentukan sudut arah suatu obyek atau pemancar gelombang radio pada HF band atau frekuensi 3 s.d 30 MHz (dengan alat bantu pengukuran menggunakan oscilloscope GW Instek GOS-1102A-V, frequency counter model GFC-8055G, S meter atau AC millivoltmeter GW Instek GVT-417B). Pengujian dilakukan beberapa kali di dalam ruangan (lantai 4) dan di luar ruangan (lapangan) di waktu tertentu. Antena terima yang digunakan berupa *dipole*  $\lambda/8$  dan *yagi* 5 elemen dengan polarisasi horisontal yang diarahkan ke suatu obyek atau pemancar radio, dengan cara diputar 360° setiap interval 10° pada bidang horisontal, sehingga dapat diketahui sudut arah suatu obyek atau pemancar yang memancarkan gelombang radio pada HF band. Sudut arah obyek dapat diketahui dari level sinyal informasi paling tinggi yang ditampilkan pada S meter dan suara paling keras pada *loudspeaker* untuk frekuensi gelombang radio tertentu. Hasil pengukuran dari sudut arah suatu obyek

yang memancarkan gelombang radio pada frekuensi tertentu, diplot secara manual pada diagram polar bidang horisontal, seperti pada Gambar 9 dan Gambar 10.

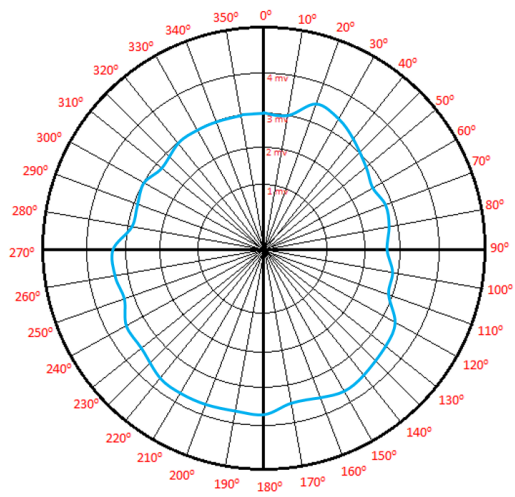
Dari Gambar 9 untuk pengujian RDF di luar ruangan dan Gambar 10 untuk pengujian RDF di dalam ruangan, dapat mendeteksi suatu obyek atau pemancar radio pada frekuensi dan sudut arah tertentu, diplot secara manual pada diagram polar bidang horisontal. Pengujian menggunakan antena terima, berupa antena *dipole*  $\lambda/8$ , menghasilkan pola arah pancaran gelombang radio dari suatu obyek yang terdeteksi mendekati bentuk ke segala arah sama 360° (*omnidirectional*). Sedangkan untuk pengujian menggunakan antena *yagi* 5 elemen, menghasilkan pola arah pancaran gelombang radio dari suatu obyek yang terdeteksi mendekati bentuk lebih terarah (*directional*). Hasil ini sesuai dengan karakteristik antena *dipole* dan *yagi*. Terdapat perbedaan level tegangan sinyal informasi dari tampilan S meter dan kualitas suara keluaran *loudspeaker* hasil pengujian, antara ketika pengujian dilakukan di dalam ruangan dengan di luar ruangan. Hasil pengujian di luar ruangan, level sinyal informasi lebih rendah dan suara yang terdengar juga cenderung lebih kecil dibandingkan di dalam ruangan. Hal ini terjadi, karena pada saat pengujian dilakukan di luar ruangan (lapangan) area sekitarnya banyak bangunan dan letak antena lebih rendah, akan mempengaruhi kuat lemahnya gelombang radio yang terdeteksi oleh RDF. Sedangkan, saat pengujian dilakukan di dalam ruangan, level sinyal informasi lebih tinggi dan suara yang terdengar juga lebih keras. Hal ini terjadi karena letak antena RDF lebih tinggi. Ketinggian letak antena dan kondisi di sekitar area pada saat pengujian sangat mempengaruhi level tegangan sinyal dan keras lemahnya suara hasil deteksi oleh rangkaian RDF.

### E. Pembahasan Hasil Penelitian

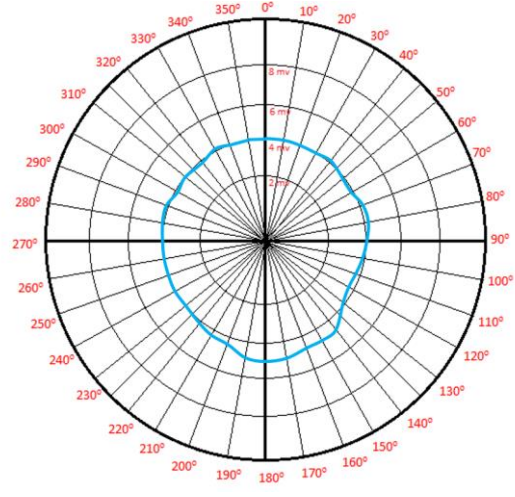
Secara keseluruhan RDF sudah dapat berfungsi untuk menentukan sudut arah suatu obyek atau pemancar radio gelombang AM pada HF band sesuai dengan yang direncanakan.

Dibandingkan dengan [6] dan [11], antena terima jenis *dipole*  $\lambda/8$  dan *yagi* 5 elemen dengan polarisasi horisontal yang digunakan pada RDF, dapat menangkap gelombang radio dari suatu obyek atau pemancar pada HF band, sesuai dengan karakteristik antena tersebut. Untuk antena *dipole*  $\lambda/8$ , pola sudut arah mendekati *omnidirectional*. Sedangkan antena *yagi* 5 elemen, pola sudut arah mendekati *directional*. Dibandingkan dengan [6], RDF ini dapat mendeteksi sumber *illuminator* berupa pemancar radio gelombang AM.

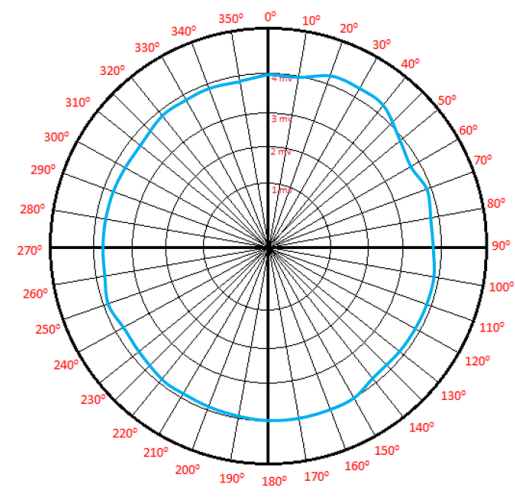
Dibandingkan dengan [8], [9], dan [11], rangkaian *tuning* pada RDF, dengan mengatur kapasitor variabel  $C_1$ , dapat memilah gelombang radio pada frekuensi 4,02 s.d 10,76 MHz dari suatu obyek atau pemancar sesuai yang diharapkan, masuk pada range HF band. Dibandingkan dengan [14] dan [15], detektor AM pada rangkaian RDF, dapat mendeteksi gelombang radio dari suatu obyek atau pemancar AM.



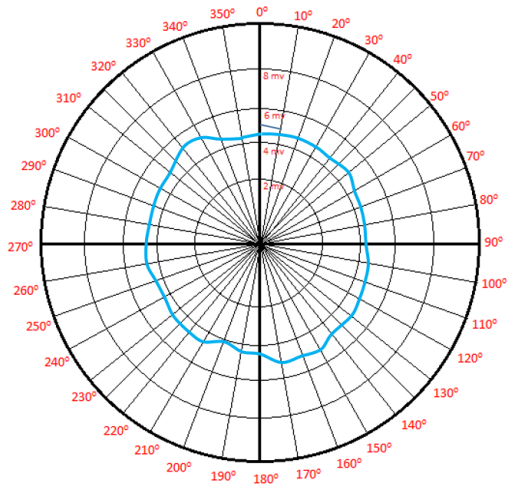
frekuensi = 5,65 MHz, sudut = 200°



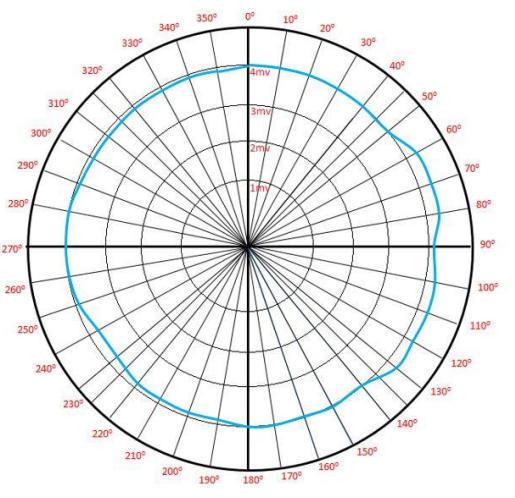
frekuensi = 8,02 MHz, sudut = 170°



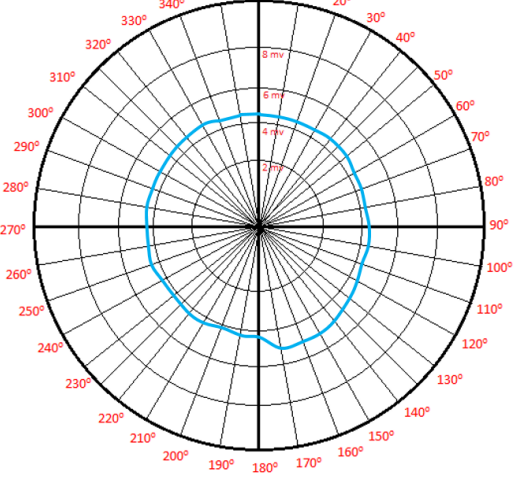
frekuensi = 4,02 MHz, sudut = 30°



frekuensi = 7,68 MHz, sudut = 150°



frekuensi = 5,82 MHz, sudut = 60°

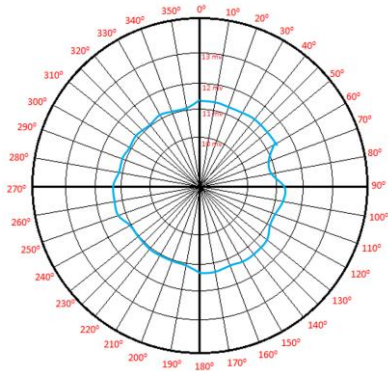


frekuensi = 10,43 MHz, sudut = 140°

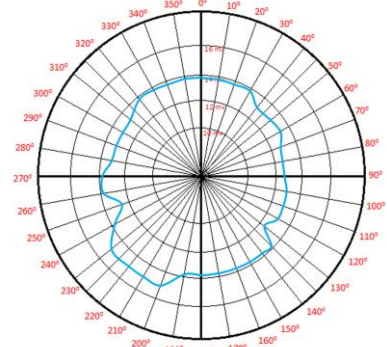
(a) menggunakan antenna dipole  $\lambda/8$

(b) menggunakan antenna yagi 5 elemen

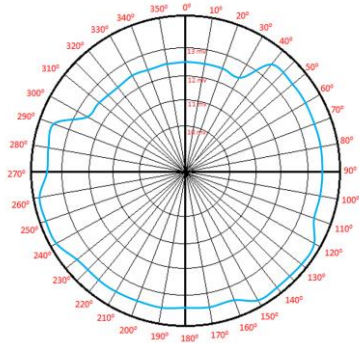
**Gambar 9.** Diagram polar bidang horisontal dari sudut arah suatu obyek atau pemancar pada frekuensi tertentu, untuk di luar ruangan



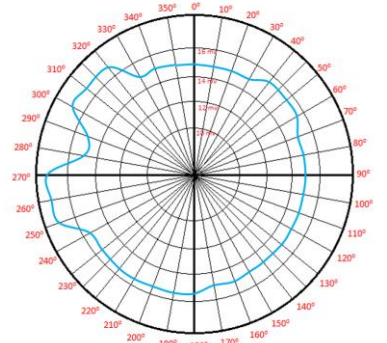
frekuensi = 7,54 MHz, sudut = 90°



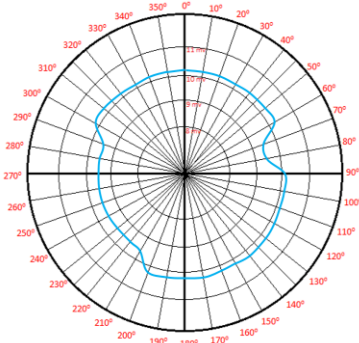
frekuensi = 10,76 MHz, sudut = 200°



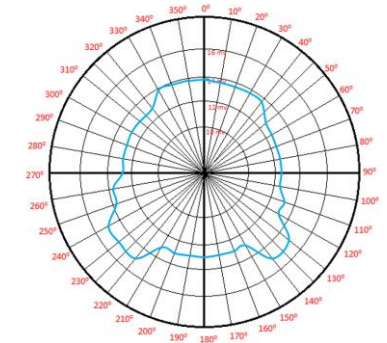
frekuensi = 5,12 MHz, sudut = 140°



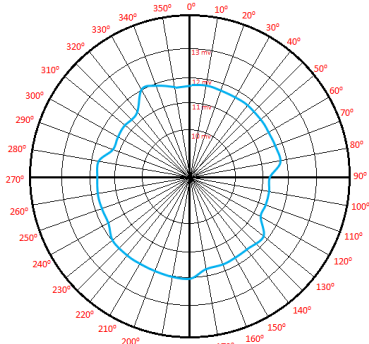
frekuensi = 10,38 MHz, sudut = 250°



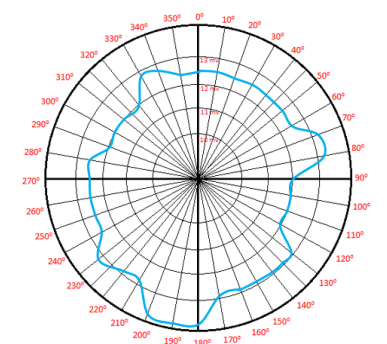
frekuensi = 4,98 MHz, sudut = 190°



frekuensi = 5,45 MHz, sudut = 230°



frekuensi = 9,87 MHz, sudut = 220°



frekuensi = 8,34 MHz, sudut = 190°

(a). menggunakan antenna dipole  $\lambda/8$

(b). menggunakan antenna yagi 5 elemen

**Gambar 10.** Diagram polar bidang horisontal dari sudut arah suatu obyek atau pemancar pada frekuensi tertentu, untuk di dalam ruangan

Dibandingkan [7], [8], [12], dan [13], hasil penentuan sudut arah obyek, berupa *level* sinyal, ditampilkan pada S meter dan diplot secara manual pada diagram polar bidang horizontal, serta didengar suaranya melalui *loudspeaker* dapat menunjukkan sudut arah suatu obyek atau pemancar gelombang *radio* dari 0° s.d 360°.

Dibandingkan penelitian tentang RDF, berupa penyelidikan desain [10], metodologi [12], simulasi [13], dan perspektif baru sistem RDF [14]. Penelitian ini sudah berhasil merealisasikan RDF pada HF *band* untuk menentukan sudut arah bidang horizontal suatu obyek atau pemancar AM pada HF *band*. Hasil ini selanjutnya dapat diimplementasikan pada sistem *passive radar*.

Terdapat beberapa bahasan untuk dikembangkan pada penelitian lebih lanjut, yaitu: penggunaan antena terima polarisasi horizontal dan vertikal dengan sistem rotasi otomatis yang mempunyai pola radiasi *directional* dengan *gain* tinggi, *tuning* dan detektor AM yang lebih sensitif, diagram polar bidang horizontal dan vertikal diplot dengan *software* sehingga sudut arah 3 dimensi dapat langsung ditampilkan pada LCD atau komputer, dan pengintegrasian RDF pada sistem *passive radar*.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian pada RDF maka dapat diambil kesimpulan bahwa penelitian ini berhasil merealisasikan RDF sebagai elemen dari *passive radar* yang dilengkapi dengan antena *dipole*  $\lambda/8$  dan *yagi* 5 elemen. RDF ini berhasil mendeteksi suatu obyek atau pemancar gelombang AM pada frekuensi gelombang antara 4,02 s.d 10,76 MHz dan sudut arah tertentu pada bidang horizontal dari 0° s.d 360°. Hasil pengujian di luar ruangan, *level* sinyal informasi lebih rendah dan suara yang terdengar juga cenderung lebih kecil dibandingkan di dalam ruangan. Hasil penentuan sudut arah obyek atau pemancar radio, berupa *level* sinyal, ditampilkan pada S meter dan diplot secara manual pada diagram polar bidang horizontal, serta didengar suaranya melalui *loudspeaker*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Passive Radar Group, *Detection of Aircraft using Passive Radar*, ECE4007 Senior Project Section L01. L02. & L03, 2008.
- [2] W. Ross, "Fundamental problems in radio direction-finding at high frequencies (3–30 Mc/s)," *Journal of the Institution of Electrical Engineers*, vol. 94. iss. 11, pp. 154 – 165, March-April 1947.
- [3] Radio Regulations Articles, ITU, Edition of 2012
- [4] K.W. Gurgel, H.H. Essen and S. P. Kingsley. HF radars: Physical limitations and recent developments. Physical-Limits-2000. Preprint submitted to Elsevier Preprint. June 20, 2000. the University of Hamburg HF-radar group
- [5] Digital Direction Finder (R&S®DDF205), Rohde & Schwarz, 2011
- [6] J. W. A. Brown, "FM Airborne Passive Radar," Thesis, Electronic Engineering Departement of Electronic and Electrical Engineering University College, London, 2013
- [7] B. Dong, G. Yang, and T. Liang, "Research and realization of handheld radio direction finding communication system," *Computer Modelling and New Technologies*, vol. 18(5), pp. 283-287, 2014.
- [8] Sukemi, "Rancangan Perangkat Electronic Support Measure (ESM) untuk Peperangan Elektronik," *Jurnal Generic*, vol. 1 (1), hal. 10-14, 2010
- [9] M. Păun, R. Tamas, and I. Marghescu, "A Software Defined Radio Approach for Direction Finding," *U.P.B. Sci. Bull., Series C*, vol. 77. iss. 4, 2015.
- [10] D. P. Quinot, "Design of a Radio Direction Finder for Search and Rescue Operations Estimation, Sonification, and Virtual Prototyping," A Thesis, Science Pierre and Marie Curie University, 2015
- [11] M. J. Jakpar, et al, "Exploitation of Radio Direction Finder in the design of a UHF Transmitter Locator System," *Indian Journal of Science and Technology*, vol. 9(25), pp. 1-5. 2016
- [12] D. P. Dutra, H. M. Paiva, and K. H. Kienitz, "3D Localization by Arithmetic Mean Triangulation," *Anais do XIX Congresso Brasileiro de Automática. CBA*, 2012.
- [13] S. Kristiyana, A. Susanto, Sunarno, and R. Hidayat, "The Radio Frequency Source Position Finder Based on The Triangle-Centroid-Algorithm," *IJITEE*, vol. 1 (1), hal. 13-18. 2017
- [14] V. Straser, D. Cataldi, and G. Cataldi, "Radio Direction Finding System, a new perspective for global crust diagnosis," *New Concepts in Global Tectonics Journal*, vol. 6, no. 2, June 2018.
- [15] C. Ziółkowski and J. M. Kelner, "Radio bearing of sources with directional antennas in urban environment," *International Journal of Microwave and Wireless Technologies*, vol. 10, Special Issue 7 (Electronic Warfare), pp. 759-771, September 2018.
- [16] J. D. Krauss, *Antennas*, Second Edition. McGraw-Hill Book, 2001
- [17] J. Markus, *Modern Electronic Circuit Reference Manual Guidebook of Electronic Circuits*, 1980
- [18] Rustamaji, *Elektronika Komunikasi*, edisi ke-1, Bandung, Penerbit Itenas, 1997.
- [19] R. F. Coughlin and F. F. Driscoll, *Operational Amplifiers and Linear Integrated Circuits*, 6th Edition, Prentice-Hall International, 2000.