

## RADAR JAMMING SUATU KONSEP RANCANG BANGUN

Rustamaji<sup>1)</sup> Elan Djaelani<sup>2)</sup>

1) Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional (Itenas)

Jl. P.H. H. Mustofa 23 Bandung – INDONESIA

Telp. 022-7272215 E-mail : rustamaji@itenas.ac.id .rustamajisaja@gmail.com

2) Pusat Penelitian Informatika LIPI

Kampus LIPI Gd. 20 Lt. 3 Jl. Sangkuriang Bandung – INDONESIA

**Abstrak** - Radar (*RA*dio *D*etection *A*nd *R*anging) adalah suatu sistem pendeteksi obyek yang menggunakan gelombang elektromagnetik untuk identifikasi jarak (*range*), arah (*direction*), atau kecepatan (*speed*) obyek. Radar merupakan perangkat dari elemen Peperangan elektronika (*EW* : *electronic warfare*) sebagai *ESM* (*electronic warfare support measures*), sangat vital dalam sistem pertahanan nasional (*national defense system*) sebagai mata dan telinga untuk mengawasi obyek yang dapat membahayakan keselamatan wilayah. Karena perannya yang sangat vital, radar akan berusaha dilumpuhkan oleh lawan pada tahap-tahap awal peperangan. Salah satu cara untuk melumpuhkan fungsi Radar adalah dengan Radar Jamming.

**Kata Kunci** : radar , jamming.

### 1. PENDAHULUAN

Radar (*RA*dio *D*etection *A*nd *R*anging) adalah suatu sistem pendeteksi obyek yang menggunakan gelombang elektromagnetik untuk identifikasi jarak (*range*), arah (*direction*), atau kecepatan (*speed*) baik obyek bergerak maupun diam seperti pesawat terbang, kapal, kendaraan, keadaan cuaca, dan terrain.

Istilah Radar digunakan pertamakali oleh US Navy pada tahun 1940 sebagai akronim dari (*RA*dio *D*etection *A*nd *R*anging). Radar aslinya disebut *RDF* (*Range and Direction Finding*) di United Kingdom, digunakan akronim sama sebagai *Radio Direction Finding* untuk menunjukkan kemampuan penentuan jarak (*ranging capability*).

Sistem Radar terdiri dari bagian *transmitter* dan *receiver* yang letaknya pada lokasi yang sama atau dapat terpisah. *Transmitter* akan mengemisikan *radio wave* pada frekuensi dan daya tertentu besarnya. Ketika energi dari emisi gelombang radio mengenai suatu obyek akan dipantulkan ke semua arah (*scattered*). Sebagian dipantulkan kembali (*reflected back*) ke *receiver* dan mempunyai sedikit perubahan panjang gelombang (*wavelength*) bahkan frekuensi apabila target bergerak. Energi sinyal yang kembali biasanya sangat lemah sehingga perlu diperkuat menggunakan teknik elektronika di *receiver* dan di konfigurasi *antenna*.

### Radar Equation

Daya yang kembali  $P_r$  ke *receiving antenna* diberikan oleh radar equation :

$$P_r = \frac{P_t G_t A_r \sigma F^4}{(4\pi)^2 R_t^2 R_r^2} \quad (1)$$

Dimana:

$P_t$  = transmitter power

$G_t$  = gain dari transmitting antenna

$A_r$  = effective aperture (area) dari receiving antenna

$\sigma$  = radar cross section, atau scattering coefficient the target

$F$  = pattern propagation factor

$R_t$  = jarak dari transmitter ke target

$R_r$  = jarak dari target ke receiver

Bila *transmitter* dan *receiver* berada pada lokasi yang sama,  $R_t = R_r$  dan suku  $R_t^2 R_r^2$  dapat diganti oleh  $R^4$ , dimana  $R$  adalah *range*. Maka :

$$P_r = \frac{P_t G_t A_r \sigma F^4}{(4\pi)^2 R^4} \quad (2)$$

“Persamaan 2” menunjukkan bahwa daya *receiver* turun sebesar *range* pangkat empat, yang artinya daya yang dipantulkan dari jarak target sangat lemah. Pada persamaan  $F = 1$  adalah untuk *vacuum* tanpa *interference*.

### Doppler Effect

*Ground-based radar systems* yang digunakan untuk deteksi kecepatan (*speeds*) berdasar pada *Doppler effect*. Dimana *Doppler effect* dapat dinyatakan sebagai :

$$f = \frac{v + v_{obs}}{v - v_t} f_0 \quad (3)$$

Dimana :

$f$  = frekuensi teramati gelombang (*wave*) akibat perubahan posisi target

$f_0$  = frekuensi gelombang dari *transmitter*

$v$  = kecepatan (*velocity*) gelombang (*wave*) di medium

$v_{obs}$  = kecepatan receiver terhadap medium; positif jika receiver bergerak maju ke target.  
 $v_s$  = kecepatan target the medium; positif jika target bergerak menjauhi receiver.

Frekuensi akan menurun jika receiver ataupun target bergerak menjauh satu sama lain.

Persamaan diatas berlaku hanya untuk gelombang suara (sound wave), hanya jika kecepatan target dan receiver terhadap medium adalah lebih rendah daripada kecepatan suara.

Jika kecepatan (speed) gelombang lebih besar dari pada kecepatan relative target dan receiver (kecepatan gelombang elektromagnetik di vacuum =  $3 \times 10^8$  m/s), hubungan antara frekuensi target  $f$  dan frekuensi transmitter  $f_0$  adalah :

$$f = \left(1 - \frac{v_{s,obs}}{c}\right) f_0 \quad (4)$$

Perubahan frekuensi :

$$\Delta f = -\frac{v_{s,obs}}{c} f_0 = -\frac{v_{s,obs}}{\lambda_0} \quad (5)$$

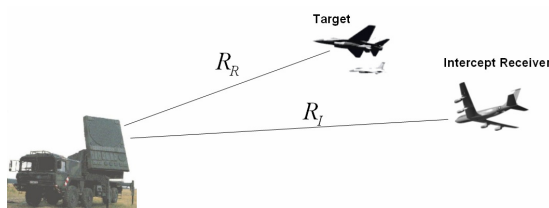
Dimana :

$v_{s,r}$  =  $v_s - v_r$  = kecepatan target terhadap receiver; positif bila target dan receiver bergerak menjauh  
 $C$  =  $3 \times 10^8$  m/s  
 $\lambda_0$  = panjang gelombang (wavelength) dari gelombang transmitter

dari pembahasan di atas dapat diketahui bahwa receiver radar sangat sensitive terhadap besarnya daya dan frekuensi gelombang yang diterima, atau kinerja (performance) radar dipengaruhi ke dua hal tersebut; sehingga dengan mengganggu daya dan frekuensi gelombang yang diterima akan dapat menurunkan kinerja, bahkan dapat melumpuhkan kerja radar.

## 2. RADAR JAMMING

Radar jamming adalah pancaran (emission) sinyal frekuensi radio (RF = radio frequency) yang disengaja untuk mengganggu operasi radar dengan menjenuhkan (saturating) receiver dengan noise atau informasi salah (false information).



Gambar 1: Geometri radar, target dan intercept receiver

Terdapat dua tipe radar jamming : Mechanical dan Electronic jamming.

### Mechanical Jamming

Mechanical jamming disebabkan oleh divais yang memantulkan atau memantulkan kembali energi radar kembali receiver radar untuk menghasilkan target salah kembali pada layar (CRT) tampilan di operator. Mechanical jamming antara lain chaff, corner reflectors, dan decoys.

-Chaff dibuat dari lembaran metal dengan panjang berbeda-beda sehingga akan memantulkan frekuensi berbeda, sehingga menghasilkan kesalahan yang sangat luas sehingga sukar dideteksi.

-Corner reflectors mempunyai efek seperti chaff tetapi secara fisik berbeda. Corner reflectors adalah multiple-sided objects yang dapat meradiasikan kembali energi radar kembali menuju transmitter atau receiver.

-Decoys adalah obyek terbang yang dapat bermanuver sehingga dapat menyesatkan (deceive) operator radar, yang mengira sebagai pesawat terbang lawan.

### Electronic Jamming

Electronic jamming adalah bentuk dari Electronic Warfare dimana jammers meradiasikan sinyal pengganggu (interfering signals) kearah radar lawan, memblok receiver dengan energi sinyal sangat tinggi. Terdapat dua teknik utama yaitu noise techniques dan repeater techniques. Tiga tipe dari noise jamming adalah spot, sweep, dan barrage.

Spot jamming terjadi apabila jammer memfokuskan seluruh dayanya pada single frequency. Sehingga terjadi degradasi yang berat pada frekuensi yang di-jam, sedangkan pada frequency agile radar akan sukar dipengaruhi karena jammer hanya dapat mengejam satu frekuensi. Sedangkan multiple jammers dapat mengejam range frekuensi lebih lebar, tetapi membutuhkan daya besar, sehingga kurang efektif hasilnya.

Sweep jamming terjadi apabila jammer dengan daya penuh (full power) digeser dari satu frekuensi ke frekuensi lainnya. Mempunyai keuntungan dapat menge-jam multiple frequencies secara berurutan dengan cepat, tetapi tidak mengakibatkan efek pada seluruh frekuensi pada waktu bersamaan.

Barrage jamming adalah jamming pada multiple frequencies dengan single jammer secara berentetan. Keuntungannya adalah multiple frequencies dapat di-jam secara simultan; meskipun, efek jamming dibatasi karena jammer membutuhkan untuk menebarkan (spread) daya penuhnya diantara frekuensinya. Sehingga semakin banyak frekuensi yang di-jam, efektifitas jammer berkurang.

Base jamming adalah tipe lain dari Barrage Jamming, dimana satu radar di-jam secara efektif di sumbernya pada seluruh frekuensi. Sementara radar lain tetap bekerja secara normal.

Digital radio frequency memory, atau DRFM jamming, atau Repeater jamming adalah repeater technique yang memanipulasi energi radar yang diterima dan memancarkan ulang untuk mengubah pandangan radar. Teknik ini dapat mengubah range deteksi radar dengan mengubah delay pada transmisi pulsa, sehingga kecepatan yang dideteksi radar akan berubah.

Deceptive jamming menggunakan teknik membingungkan radar sehingga terkunci.

### 3. KONSEP RANCANG BANGUN RADAR JAMMING

Konsep rancang bangun radar jamming berdasar pada sifat atau karakteristik radar, dimana receiver radar sangat sensitive terhadap besarnya daya dan frekuensi gelombang yang diterima.

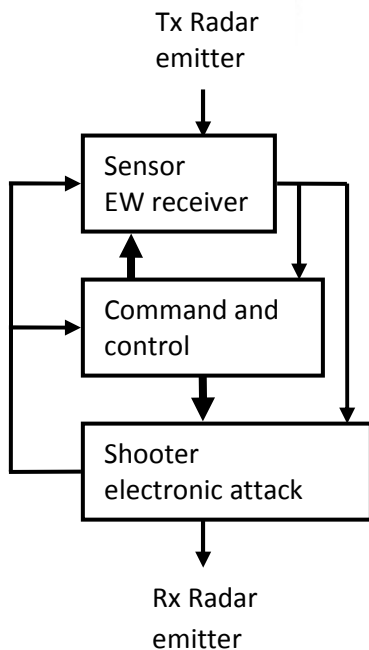
Dari Shannon's theorem :

$$C = BW \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right)$$

Dimana :  $C$  adalah channel capacity (bits/second),  $W$  adalah bandwidth (Hz), and  $S/N$  adalah signal to noise ratio. Dalam hal ini, jika  $W = 1$  maka  $C$  menjadi capacity dalam bits per second.

Dengan memberi daya sinyal jamming yang besar (dirasakan sebagai daya noise  $N$  oleh receiver radar),  $S/N$  akan mengecil sehingga kapasitas receiver radar turun.

#### Bagan Alir Radar Jamming



Gambar 2: Bagan alir radar jamming

Sensor mendeteksi energi sinyal dari transmitter radar. Kemudian menginformasikan kepada command and control dan shooter; command and control memerintah sensor dan shooter untuk menge-jam radar ; dan shooter menginformasikan tugasnya kepada command and control.

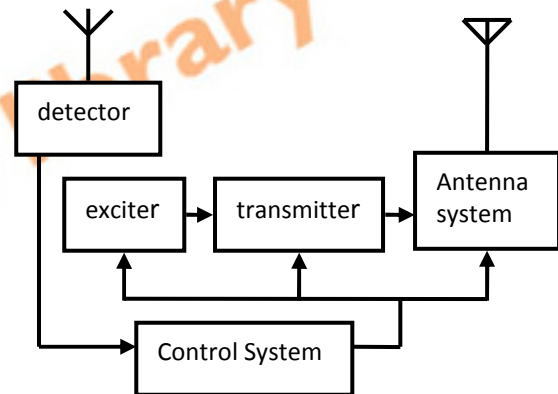
Informasi yang dibutuhkan :

- Scan timing, dimana radar diarahkan pada suatu waktu
- Carrier frequency,
- Modulation bandwidth,
- Modulation atau code period,
- Synchronization, kapan modulation pattern starts.

#### Diagram Blok Rancang Bangun Radar Jamming

Dengan melihat bagan alir radar jamming, dapat dibuat diagram blok rancang bangun radar jamming, terdiri :

Detector , System control, Exciter, Transmitter, dan Antenna system



Gambar 3: Diagram blok rancang bangun radar jamming

#### Cara kerja:

Detector berupa broadband digital receiver (Rx) akan memonitor (mendeteksi) frekuensi dari sinyal-sinyal yang diemisikan Radar yang akan di-jam (dimacetkan), dan RDF (radio direction finder) akan menentukan lokasi (jarak, sudut) radar, selanjutnya berdasarkan data yang diterima akan digunakan untuk menggerakkan control system.

control system atau jammer control akan mengendalikan exciter, berupa VCO (voltage controlled oscillator) yang akan membangkitkan sinyal pembawa dengan frekuensi  $f_1, f_2, f_3, \dots, f_N$  untuk menggerakkan group  $T_X$  sesuai dengan frekuensi sinyal radar yang akan di-jam.

Untuk mendapatkan efek jamming (pemacetan) dan atau gangguan yang cukup berat pada receiver radar sasaran, group  $T_X$  dimodulasi VCO yang digerakkan oleh sinyal dari noise generator dan sweep generator atau sawtooth generator .

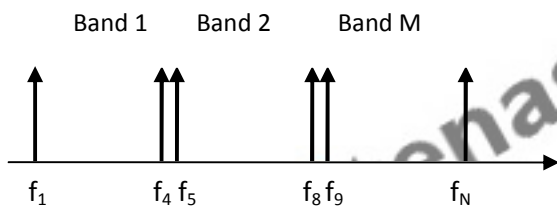
Sinyal pada group  $T_x$  diperkuat dayanya melalui tahapan RFPA (*radio frequency power amplifier*), HPA (*high power amplifier*) atau TWTA (*travelling wave tube amplifier*) dan digabungkan pada *combiner* sebelum dipancarkan melalui *antenna*. Besar daya yang dipancarkan dikendalikan melalui *control system*.

Untuk efektivitas *jamming*, antena yang digunakan berupa *directional antenna* dengan reflektor parabolik yang dapat diputar dengan *rotator motor*, sehingga pola pancaran daya lebih terarah ke target radar yang di-jam.

*Jammer control* atau *control system*, selain untuk mengendalikan *exciter*, juga untuk memilih jenis sinyal *jammer* atau *jamming mode* yang akan dipancarkan apakah *spot jamming*, *sweep jamming*, *barrage jamming*, *base jamming*, atau *Digital radio frequency memory*, atau *DRFM jamming*, atau *Repeater jamming*.

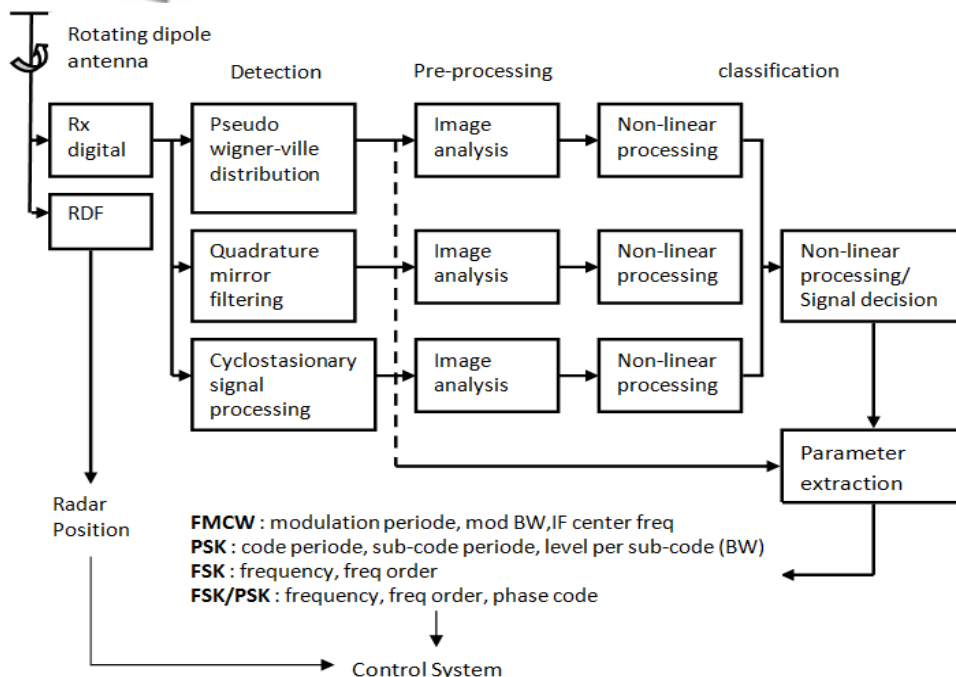
**Rancangan Frekuensi Radar Jamming**

Pemancar *Radar jamming* yang dirancang diharapkan dapat bekerja pada band frekuensi yang digunakan oleh jenis radar yang akan di-jam, terutama radar militer. Direncanakan dibagi menjadi M band frekuensi seperti Gambar 4 :



Gambar 4: Pembagian band frekuensi

**Detector**



Gambar 5a: Diagram blok detector

Untuk rangkaian *exciter*, osilator pembangkit frekuensi VCO dibagi menjadi sejumlah x bank osilator. Masing-masing bank osilator terdiri dari 4 buah rangkaian VCO, sehingga total ada 4x VCO yang dibutuhkan pada rangkaian *radar jamming*.

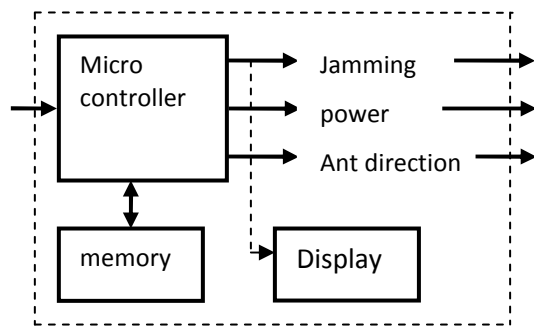
masing-masing VCO akan membangkitkan frekuensi yang besarnya berbeda-beda :

- VCO 1 – frekuensi  $f_1$
- VCO 2 – frekuensi  $f_2$
- VCO 3 – frekuensi  $f_3$
- .
- .
- VCO N – frekuensi  $f_N$

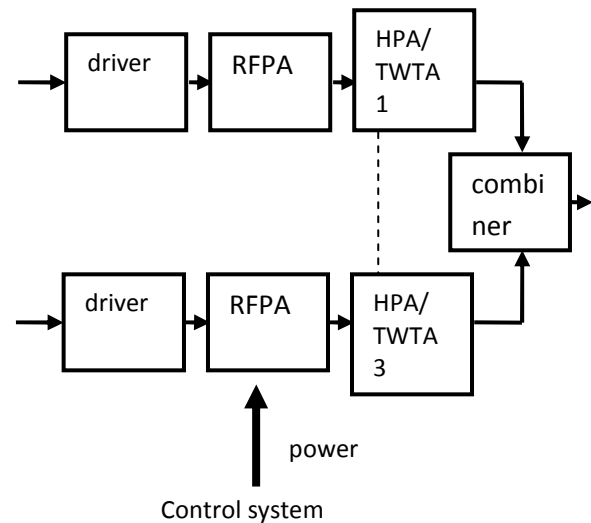
Pada implementasinya VCO dapat digunakan *frequency synthesizer* (DDS = *direct digital synthesizer*) sehingga dapat dikontrol frekuensinya secara digital.

Pemilihan frekuensi VCO atau bank osilator yang akan diaktifkan, serta sumber-sumber *noise* yang akan digunakan dikontrol oleh “*microcontroller* pada *jamming control*”. Melalui pengontrolan *microcontroller* ini, dapat dipilih sinyal *jamming mode*. Setiap 4 buah VCO akan digabungkan oleh rangkaian *combiner* menjadi 1 bank osilator, dan selanjutnya kan diperkuat dayanya oleh tahapan penguat di *transmitter* sehingga dapat dipancarkan melalui *antenna* ke radar yang akan di-jam.

**Control System**

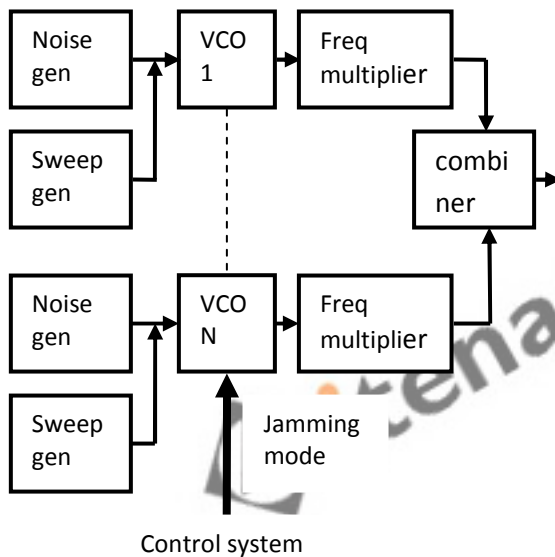


Gambar 5b: Diagram blok control sistem



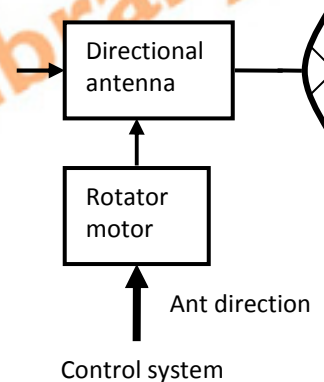
Gambar 7: Diagram blok Transmitter

**Exciter**



Gambar 6: Diagram blok exciter

**Antenna System**



Gambar 8: Diagram blok antenna system

**Transmitter**

**4. PENUTUP**

Sesuai dengan tujuan dari radar *jamming* adalah untuk *jamming* atau melumpuhkan target radar pada *electronic warfare*, diperlukan pengembangan perangkat dengan memperhatikan sifat, karakteristik dan jenis dari target radar. Tulisan ini merupakan langkah awal dalam rancangan radar *jamming*, sehingga membutuhkan analisa dan perhitungan lebih lanjut untuk implementasi dari konsep rancang bangun.

**DAFTAR REFERENSI**

- [1] International Defense Review Magazine - Electronic Warfare
- [2] The Intelligence War Book

- [3] Military Technology Magazine - Electronic in Defence
- [4] [http://en.wikipedia.org/wiki/Radar\\_jamming\\_and\\_deception](http://en.wikipedia.org/wiki/Radar_jamming_and_deception)
- [5] <http://en.wikipedia.org/wiki/Radar>
- [6] Aytug Denk, *Thesis Detection and Jamming Low Probability of Intercept (LPI) Radars*, Naval Postgraduate School Monterey California September 2006
- [7] Doug Richarson - Electronic warfare
- [8] Rustamaji Tesis, *Perancangan Model Perangkat Frequency Hopping*, ITB, 1998.
- [9] Rustamaji Artikel ilmiah, "Membuat Telekomunikasi Antisadap", *REPUBLIKA*, 16 April 1999.
- [10] Rustamaji Artikel ilmiah, "Melacak Buronan Dengan Voice Analyzer", *REPUBLIKA*
- [11] Rustamaji, Elan Dj, "Penggunaan Teknik Spread Spectrum Pada Electronic warfare".
- [12] Rustamaji, Elan Dj, "Penggunaan Teknik Direct Sequence - Spread Spectrum Pada Electronic warfare".
- [13] Rustamaji, Elan Dj. "Aplikasi Rangkaian Terintegrasi Direct Digital Synthesizer (DDS) Sebagai pembangkit Sinyal Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)",
- [14] Penelitian Program Kompetitif LIPI, *Pemancar dan Penerima Frequency Hopping Spread Spectrum Untuk Pengamanan Sinyal Informasi*, LIPI, 2004-2006.
- [15] Penelitian Kerjasama TNI-AL, LIPI dan Itenas, *Broad band Radio jammer Komunikasi VHF Low Band*. LIPI 2006.
- [16] Program Insentif MENRISTEK, *Realisasi Perangkat VHF Electronic Jamming Untuk Elektronik Warfare*, 2007-2008
- [17] Rustamaji; Elan Djaelani, "Pemancar Frequency Hopping Spread Spectrum Untuk Pengamanan Sinyal Informasi", *Jurnal Teknologi Informasi LIPI*, Vol 3 no 1, 2002.
- [18] Rustamaji; Elan Djaelani, "Frequency Hopping Spead Spectrum Suatu Teknik Pengamanan Komunikasi Pada Perang Elektronika (Electronic Warfare)", *Prosiding, Pemaparan Hasil Litbang 2003 LIPI*, 2003.
- [19] Rustamaji, "Review Peperangan Elektronika (Electronic Warfare)", *Prosiding, Seminar Radar Nasional 2010*.
- [20] Elan Dj, Rustamaji, "Radio Frequency Hopping Sbg Secure Military Communication", *Prosiding, Seminar Radar Nasional 2010*.
- [21] Rustamaji, "Review Peperangan Elektronika (Electronic Warfare)", *Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi LIPI* Vol.10 Nomor 1.

### Lampiran

Radar frequency bands			
Band name	Frequency range	Wavelength range	Notes
HF	3–30 MHz	10–100 m	coastal radar systems, <a href="#">over-the-horizon radar</a> (OTH) radars; 'high frequency'
P	< 300 MHz	1 m+	'P' for 'previous', applied retrospectively to early radar systems
VHF	30–330 MHz	0.9–6 m	Very long range, ground penetrating; 'very high frequency'
UHF	300–1000 MHz	0.3–1 m	Very long range (e.g. <a href="#">ballistic missile early warning</a> ), ground penetrating, foliage penetrating; 'ultra high frequency'
L	1–2 GHz	15–30 cm	Long range <a href="#">air traffic control</a> and <a href="#">surveillance</a> ; 'L' for 'long'
S	2–4 GHz	7.5–15 cm	Terminal air traffic control, long-range weather, marine radar; 'S' for 'short'
C	4–8 GHz	3.75–7.5 cm	Satellite transponders; a compromise (hence 'C') between X and S bands; weather
X	8–12 GHz	2.5–3.75 cm	<a href="#">Missile</a> guidance, <a href="#">marine radar</a> , weather, medium-resolution mapping and ground surveillance; in the <a href="#">USA</a> the narrow range 10.525 GHz ±25 MHz is used for <a href="#">airport</a> radar. Named X band because the frequency was a secret during WW2.
K <sub>u</sub>	12–18 GHz	1.67–2.5 cm	high-resolution
K	18–24 GHz	1.11–1.67 cm	from <a href="#">German</a> <i>kurz</i> , meaning 'short'; limited use due to absorption by <a href="#">water vapour</a> , so K <sub>u</sub> and K <sub>s</sub> were used instead for surveillance. K-band is used for detecting clouds by meteorologists, and by police for detecting speeding motorists. K-band radar guns operate at 24.150 ± 0.100 GHz.
K <sub>a</sub>	24–40 GHz	0.75–1.11 cm	mapping, short range, airport surveillance; frequency just above K band (hence 'a') Photo radar, used to trigger cameras which take pictures of license plates of cars running red lights, operates at 34.300 ± 0.100 GHz.
mm	40–300 GHz	7.5 mm – 1 mm	<a href="#">millimetre band</a> , subdivided as below. The frequency ranges depend on waveguide size. Multiple letters are assigned to these bands by different groups. These are from Baytron, a now defunct company that made test equipment.

<a href="#">Q</a>	40–60 GHz	7.5 mm – 5 mm	Used for Military communication.
<a href="#">V</a>	50–75 GHz	6.0–4 mm	Very strongly absorbed by atmospheric oxygen, which resonates at 60 GHz.
E	60–90 GHz	6.0–3.33 mm	
<a href="#">W</a>	75–110 GHz	2.7 – 4.0 mm	used as a visual sensor for experimental autonomous vehicles, high-resolution meteorological observation, and imaging.
<a href="#">UWB</a>	1.6–10.5 GHz	18.75 cm – 2.8 cm	used for through-the-wall radar and imaging systems.

