

Menentukan Panjang Jangkauan Perangkat Jammer dengan Pendekatan Equivalent Isotropically Radiated Power (EIRP)

Elan Djaelani
Pusat Penelitian Informatika-LIPI
elan@informatika.lipi.go.id

Abstrak

Pada tahun 2007 kami telah membuat peralatan jammer yang berfungsi untuk mengganggu atau melumpuhkan komunikasi radio musuh pada peperangan elektronika. Peralatan telah berfungsi dengan baik, tetapi ada keinginan dari calon user untuk penelitian pengembangan baik dari dimensi maupun performance. Untuk itu kami melakukan penelitian mengoptimasikan daya jangkauan perangkat jammer

Metodologinya adalah pertama membuat persamaan daya jangkauan peralatan jammer. Kedua mengganti antena dengan antena directional dan ketiga mengubah exciter menjadi 4 band. Hasil riset diharapkan digunakan TNI (Tentara Nasional Indonesia). Dengan pengembangan ini diharapkan daya jangkauannya meningkat atau performance meningkat. Pada makalah ini kami membahas mengenai panjang daya jangkauan peralatan jammer dengan pendekatan equivalent isotropically radiated power (EIRP).

Kata kunci: jammer, mengganggu komunikasi, melumpuhkan komunikasi, EIRP

1. Pendahuluan

Terdapat beberapa metoda untuk melumpuhkan sistem komunikasi dengan teknologi elektromagnetik, antara lain jamming.

Jamming adalah cara melumpuhkan komunikasi elektronik dengan cara menimpa atau menutupi sinyal dari suatu pemancar dengan sinyal lain (disebut sinyal jamming) yang mempunyai frekuensi sama dan daya atau energi yang lebih besar, sehingga penerima hanya akan mendeteksi sinyal jamming yang mempunyai daya lebih besar, ini akan mengakibatkan komunikasi terganggu atau bahkan lumpuh sama sekali.

Jamming terutama digunakan untuk melumpuhkan komunikasi radio atau wireless yang membawa informasi voice, video ataupun data.

Mengapa suatu sistem komunikasi elektronik dapat dilumpuhkan secara elektromagnetik, ada beberapa alasan :

Pertama, tidak sukar untuk mengetahui frekuensi kerja dan lebar bidang frekuensi (BW : bandwidth) suatu sistem komunikasi,

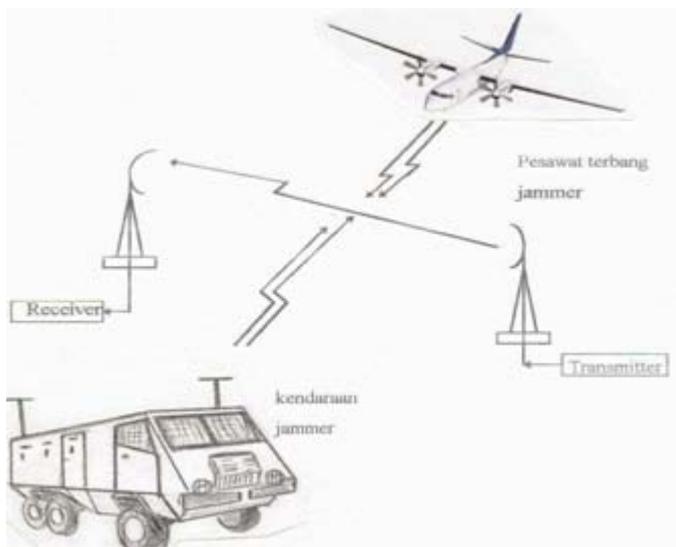
karena sudah dibakukan dan menempati alokasi frekuensi tertentu.

Kedua, prosedur operasi frekuensi sistem komunikasi elektronik yang dilakukan secara manual, sehingga dapat diketahui dengan cara intelijen atau usaha-usaha pembocoran kode prosedur operasi.

Ketiga, perangkat sistem komunikasi yang digunakan oleh instansi penting sebagian besar adalah buatan luar negeri, sehingga dengan mudah dapat diketahui spesifikasi dan kelemahannya.

Keempat, perangkat sistem komunikasi tidak dilengkapi dengan mekanisme untuk berkelit atau menghindari dari kemungkinan pelumpuhan, seperti memanfaatkan teknik "spread spectrum" yang handal untuk menghindari pemacetan atau pelumpuhan.

Sinyal jamming dapat dipancarkan melalui stasiun (pemancar) jamming tetap atau bergerak (mobile) yang ditempatkan pada kendaraan darat, pesawat terbang, ataupun kapal laut seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Jamming pada system komunikasi radio [8]

2. Permasalahan

Diagram blok radio jammer yang telah dibuat pada penelitian yang dibiayai Ristek pada tahun anggaran 2006 dan 2007 adalah seperti pada gambar 2.

Radio Jammer terdiri dari bagian bagian: Exciter (terdiri dari Noise Generator, Sawtooth Generator, 2 buah VCO, Sum dan sistem Switch), BPF, Driver Amplifier, RF Power Amplifier dan Power Supply, semuanya berada pada rack pemancar jammer pada gambar 3.

Cara kerja perangkat jammer seperti dibawah ini:

Exciter

Merupakan bagian terpenting, karena seluruh proses pembangkitan sinyal sweeper (penyapu), sinyal derau (noise) dan sinyal oscilator (Voltage Control Oscilator) berasal dari bagian ini.

Driver Amplifier

Bagian ini berfungsi untuk memperkuat sinyal keluaran dari Exciter sebelum masuk ketingkatn Power Amplifier. Rangkaian Driver Amplifier merupakan sebuah penguat pita lebar (wideband) dan bekerja sebagai penguat kelas A atau linier Amplifier.

Power Amplifier

Adalah bagian terakhir yang berhubungan dengan antenna, bagian ini cara bekerjanya mirip dengan Driver Amplifier yaitu sebagai penguat kelas A atau linierv amplifier, daya output yang dihasilkan sebesar 100 Watts.

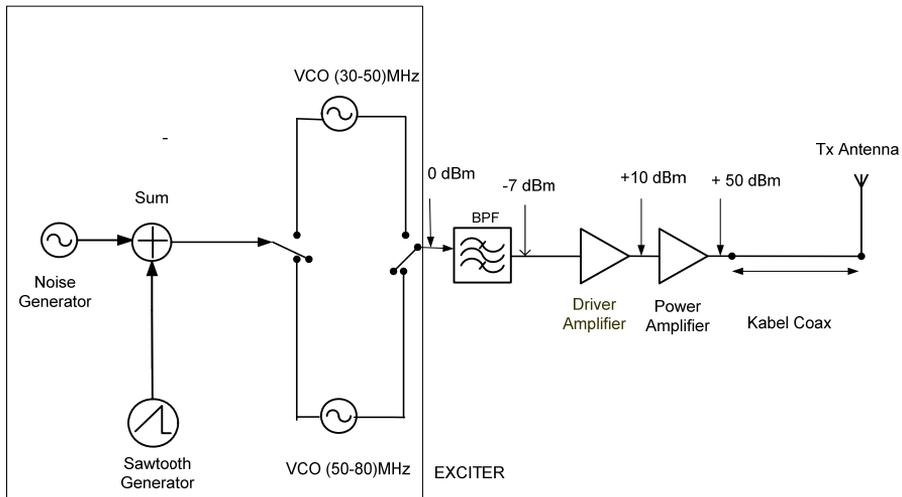
Power Supply

Merupakan sumber catu daya hanya untuk bagian Power Amplifier saja, tegangan catuannya sebesar 28 V adjustable dan arus yang dihasilkan adalah sebesar 15 Ampere.

Antena Tx

Jenis Antena Discone secara umum kurang populer, karena pemakainya bunyak digunakan dikalangan komersial dan militer. Kelebihan dari antenna ini adalah selain mempunyai pancarannya omnidirectional juga tak kalah penting kemampuan kemampuan karakteristik frekuensinya sangat lebar (broadband).

Peralatan telah berfungsi dengan baik, tetapi ada keinginan dari calon user untuk penelitian pengembangan baik dari dimensi maupun performance. Untuk itu kami melakukan penelitian mengoptimasikan daya jangkau perangkat jammer.



Gambar 2. Diagram blok Radio Jammer



Gambar 3. Rak peralatan Radio Jammer

bekerja sesuai dengan frekuensi band sehingga gainnya akan lebih tinggi,

Keempat dimensi peralatan diperkecil, dengan memampatkan bagian bagiannya.

Hasil riset diharapkan digunakan TNI (Tentara Nasional Indonesia). Dengan pengembangan ini diharapkan daya jangkauannya meningkat atau *performance* meningkat. Pada makalah ini kami membahas mengenai panjang daya jangkau peralatan jammer dengan pendekatan equivalent isotropically radiated power (EIRP).

3. Tujuan

Tujuan dari penulisan makalah ini adalah untuk mengoptimalkan daya jangkau perangkat *jammer*. Untuk tujuan tersebut kami membuat beberapa tahapan pekerjaan:

Pertama membuat persamaan daya jangkau peralatan *jammer*.

Kedua menaikkan gain antenna jammer yaitu dengan mengganti antenna pemancar semula omni directional (Antena Discone) dengan antenna directional.

Ketiga mengubah Exciter, Band Pass Filter menjadi 4 band, dan RF Amplifier menjadi 4 buah yang masing masing

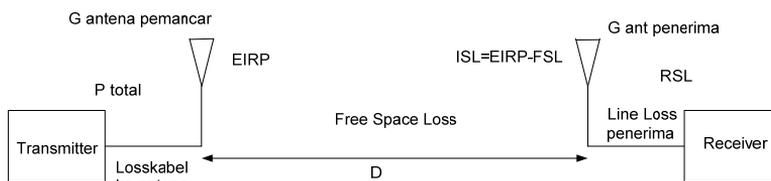
4. Studi pustaka

4.1 Link Budgeting pada sistem komunikasi radio

Untuk mengoptimalkan daya jangkau perangkat Jammer, maka harus mengetahui dahulu persamaan untuk menghitung jangkauan perangkat Jammer. Dalam menghitung jangkauan perangkat Jammer ini, sama seperti menghitung link budgeting pada komunikasi radio. Dalam radio komunikasi, effective isotropic radiated power (EIRP) adalah besar kekuatan teoritis antenna isotropis (yang merata mendistribusikan kekuatan disegala arah) akan

mengeluarkan untuk menghasilkan daya puncak pada arah maksimum gain antenna [3]. EIRP digunakan untuk memperkirakan daerah jangkauan pemancar, dan untuk

mengkoordinir pemancar pada frekuensi yang sama sehingga daerah cakupan mereka tidak tumpang tindih. Ilustrasi link budgeting seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Ilustrasi link budgeting[3]

Link budgeting merupakan suatu proses perhitungan awal dalam mendisain suatu sistem komunikasi. Tahapan perhitungan link budgeting secara umum adalah sebagai berikut:

a. Hitung EIRP dari sisi transmitter. Besar nilai EIRP seperti pada persamaan dibawah ini[4].

$$EIRP = P_T - L_C + G_A \quad (1)$$

dimana:

P_T = power output RF Amplifier.

L_C = rugi rugi pada kabel antara RF Amplifier dan antenna.

G_A = gain antenna pemancar.

b. Tentukan nilai Free Space Loss.

$$L(dB) = 32,44 + 20 \log D + 20 \log f \quad (2)$$

4.2 Fresnell Zone

Pada perambatan sinyal dari perangkat radio jamming ke receiver supaya sinyal dapat diterima dengan baik, maka posisi perangkat radio jamming dan receiver harus line of sight (LOS).

Pada kondisi LOS, antara pengirim dan penerima tembus pandang secara langsung tanpa ada rintangan. Dari gambar Fresnell Zone berupa cerutu raksasa, mempunyai panjang d dan radius maksimum r . Teori Fresnell Zone nantinya digunakan untuk mengkuantifikasi radio line of sight. Beberapa orang menggunakan konsensus bahwa jika 60% dari Fresnell

dimana:

D = jarak antara kedua antenna (Km)

f = frekuensi yang digunakan (MHz)

L = loss dari sistem (dB)

c. Tentukan nilai Isotropic Signal Level (ISL)

$$ISL = EIRP - FSL \quad (3)$$

Dimana:

FSL = Free Space Loss

d. Tentukan Receive Signal Level (RSL)

$$RSL = ISL + G_{ant\ rx} - Line\ loss\ rx \quad (4)$$

Dimana :

ISL = isotropic signal level

$G_{ant\ rx}$ = gain antenna penerima

Line loss rx = line loss disisi penerima

Zone ditambah 3 meter bebas dari halangan maka radio LOS baik. Sebagian mengadopsi bahwa harus 80% dari fresnell Zone tidak ada yang menghalangi untuk memperoleh radio LOS yang baik. Jika ada halangan di wilayah Fresnell Zone maka performance sistem akan terganggu.

4.3 Horizon Radio

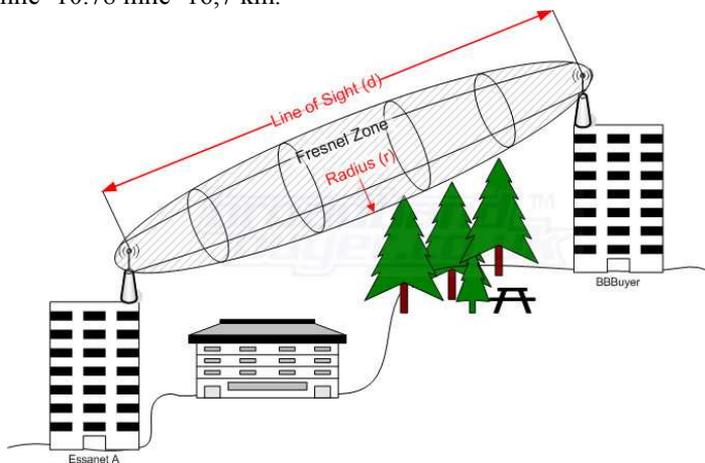
Bentuk bumi seperti bola mengakibatkan perambatan gelombang radio terbatas oleh jarak horizon. Jarak horizon radio dh lebih panjang dari horizon ofis.

$$dh = 1,4\sqrt{h} \quad (5)$$

dimana:

h=tinggi antenna (feet)
 dh= jarak horizon (mile)
 Untuk h=20 m=60 feet, dh=1,4√60
 mile=1,4x7,7 mile=10.78 mile=16,7 km.

Untuk h=100 m= 300 feet, dh=1,4√300
 mile=1,4x17,6 mile=24,64 mile=36,96 km.



Gambar5 .Fresnell Zone.[4]

4.4 Konversi dBm ke microvolt per meter

Biasanya sensitivity dipakai satuan microvolt per meter ,maka persamaan konversi dari dBm ke microvolt per meter seperti persamaan 6.

$$E = 10^{(P+77+20\log f) / 20} \tag{6}$$

Dimana:

E dalam microvolt per meter

(f) dalam Megahertz

P dalam dBm

Untuk keperluan perhitungan daya jangkau jammer telah dibuat tabel 1.

Menghitung E (microvolt per meter) dari persamaan 6.

Tabel 1. Daftar P(dBm) dan E (mikrovolt permeter) dari pers.(6)

Pt(dBm)	E(u-volt/meter)
-116	0.56
-100	3.53
-90	11.19
-87	15.81
-70	111.94

Tabel 2. EIRP terhadap perubahan besarnya P_T (daya output Power Amplifier RF)

Pt (dBm)	EIRP (dBm)	Pt (dBm)	EIRP (dBm)
49.29	51.79	51.13	53.64
49.54	52.04	51.76	54.26
49.77	52.28	53.97	56.48
50	52.5	54.77	57.28
50.21	52.71	55.44	57.94
50.41	52.91	56.02	58.52
50.60	53.10	56.53	59.03
50.79	53.29		

Tabel 3. FSL terhadap perubahan jarak

D (Km)	FSL (dB)	D (Km)	FSL (dB)
1	66.42	12	88.00
2	72.44	13	88.69
3	75.96	14	89.34
4	78.46	15	89.94
5	80.39	16	90.50
6	83.32	17	91.02
8	84.48	18	91.52
9	85.50	19	91.99
10	86.42	20	92.44

5. Metoda

Dalam menentukan panjang jangkauan perangkat jammer dengan pendekatan equivalent isotropically radiated power (EIRP) kami membuat beberapa tahap, yaitu:

1. Mengukur output power Power Amplifier RF perangkat jammer.
2. Membahas kembali menghitung link budgeting antara pemancar dan penerima radio.
3. Membahas kembali sifat perambatan gelombang radio pada permukaan bumi, dimana adanya pemantulan gelombang radio maka dibahas kembali fresnell zone. Selanjutnya dengan bentuk permukaan bumi bulat sehingga adanya horizon radio.
4. Menerapkan link budgeting tersebut diatas pada hal khusus pada sistem perang elektronika perangkat jammer.
5. Konversi dBm ke microvolt per meter.

Dimana penerima harus menerima sinyal jamming diatas level sinyal yang diterima biasa.

Ada cara menentukan level sinyal yang diterima pada bagian Hasil dan Analisis.

Pengukuran tidak dapat dilakukan karena keterbatasan waktu, karena sistem tranceiver dengan frekwensi tersebut hanya TNI yang memiliki. Dengan mengetahui sensitifitas dalam microvolt per meter maka ISL nominal dibuat 15 kali sensitifitas penerima.

6. Hasil dan Analisis

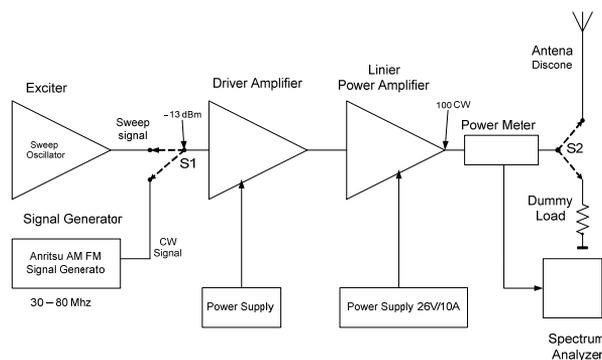
6.1 Pengukuran Power Amplifier Jammer

Blok diagram pengukuran Power Amplifier RF Jammer seperti pada gambar 6.

Mengukur Respon Amplifier

- Saklar S1 dihubungkan dengan CW Signal dan S2 dihubungkan ke Dummy Load.
- Atur Sinyal Generator mulai frekuensi 30-80 MHz , baca besarnya daya yang terbaca pada Power meter dan amati bentuk spectrum frekuensi yang tergambar pada Spektrum Analyser.
- Dicatat mulai dari frek 30-80 MHz.

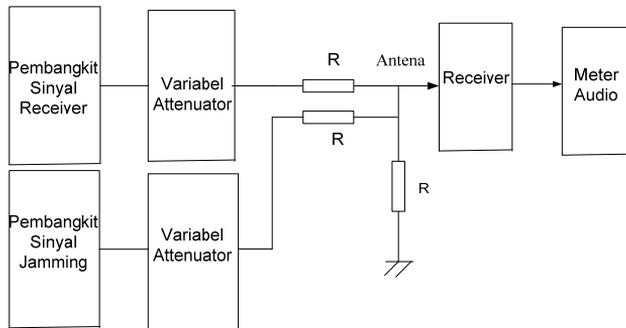
Data hasil pengukuran Power Amplifier optimal dengan selektivitas Penerima.



Gambar 6. Blok diagram pengukuran Power Amplifier[2]

Tabel 4 Data hasil pengukuran Power Amplifier

No	Freq. [MHz]	P.O. (Dummy) dBm	No	Freq. [MHz]	P O (Dummy) dBm
1	30	50	13	56	48,75
2	32	50	14	58	48,75
3	34	49,54	15	60	48,75
4	36	49,03	16	62	49,03
5	38	48,75	17	64	49,03
6	40	48,75	18	68	49,29
7	42	49,03	19	70	49,54
8	44	49,29	20	72	49,78
9	46	49,54	21	74	49,78
10	48	49,54	22	76	50
11	50	49,54	23	78	50
12	52	49,29	24	80	49,54



Gambar 7. Percobaan pengukuran perbandingan sinyal receiver dan sinyal jamming.

6.2 Menentukan perbandingan ISL

Pembangkit sinyal receiver dapat digantikan oleh Transceiver yang bekerja pada frekuensi antara 30-80 MHz.

Pembangkit sinyal jamming dapat dipakai sub bagian Exciter pada sistem Radio Jammer, dimana mempunyai output 0 dBm, untuk mengatur level output pembangkit sinyal jamming dipergunakan Variabel Attenuator. Mula mula hanya pembangkit sinyal receiver yang dihidupkan, lalu hiduapkan Receiver dan Meter Audio, maka meter audia akan menunjukkan adanya sinyal audio.

Setelah itu hiduapkan pembangkit sinyal jamming, maka akan terjadi jamming pada receiver sehingga meter audio tidak menunjuk, setelah variabel Attenuator dipilih nilai sehingga sinyal jamming cukup besar untuk dapat memacetkan komunikasi. Atur Variabel Attenuator sehingga sinyal

jamming cukup optimal untuk memacetkan komunikasi dan catat level sinyal jamming. Nilai terukur adalah ISL, dan pada waktu terjadi lumpuh komunikasi sebut $ISL_{optimal}$.

$$ISL_{optimal} = EIRP - FSL$$

Dari pers (1) dan (2) didapat:

$$ISL_{optimal} = P_T - L_C + G_A - 32,44 - 20 \log D - 20 \log f \quad (7)$$

Dari pers(7) dapat dikeluarkan nilai $-20 \log D$.

$$-20 \log D = ISL_{optimal} - P_T + L_C - G_A + 32,44 + 20 \log f \quad (8)$$

Seterusnya dari pers (6) didapat nilai $\log D$.

$$\log D = \frac{1}{-20} (ISL_{opt} - P_T + L_C - G_A + 32,44 + 20 \log f) \quad (9)$$

Dari pers (9) didapat :

$$D = 10^z \dots\dots(10)$$

$$z = \frac{1}{-20} (ISL_{opt} - P_T + L_C - G_A + 32,44 + 20 \log f) \quad (11)$$

Dimana:

D dalam Km

f dalam MHz

P_T dalam dBm

L_C dalam dB

G_A dalam dB

ISL_{optimal} dalam dBm Tabel jarak terhadap perubahan output RF Amplifier P_T (dalam Watt dan dBm) dan untuk ISL optimal = -30dBm dari persamaan 11, persamaan 10 dan persamaan 2.

Tabel 5. Jangkauan perangkat jammer terhadap perubahan P_T dan untuk ISL optimal =-30dBm

Pt(Watt)	Pt(dBm)	D[km]
85	49.29	5.87
90	49.54	6.04
95	49.78	6.20
100	50	6.36
120	50.79	6.97
130	51.14	7.26
150	51.76	7.79
250	53.97	10.06
300	54.77	11.02
350	55.44	11.91
400	56.02	12.73
450	56.53	13.50

6.3 Analisis

Receiver PRC 1077 mempunyai sensitivity = -116 dBm (pada 12 dB SINAD) [7].

Kalau kita konversikan sensitivity ini ke nilai E adalah 0,177 mikro volt per meter, Receiver pada umumnya mempunyai sensitivity = 1 mikrovolt per meter.

Input sinyal jamming dibuat 15 kalinya atau sebesar 15 mikro volt per meter, maka akan terjadi sinyal jamming akan mengganggu sinyal input receiver sehingga receiver hanya menerima sinyal jamming.

Dari tabel 1 , E dengan 15 mikro volt per meter sama dengan P sebesar -87 dBm, untuk lebih yakin dapat melumpuhkan diberi margin = 57 dB, sehingga ISL opt = -30 dBm

Tabel 5 adalah jarak yang dijangkau dengan perubahan Power Output RF (dalam Watt dan dBm), untuk ISL nominal = -30 dBm.

Dari persamaan 5 untuk tinggi antena 20 m mempunyai horizon radio 16,7 km dan untuk tinggi antena 100 m mempunyai horizon radio 36,96 km.

7. Kesimpulan

Perhitungan link budgeting pada pemancar dan penerima dapat digunakan pada penentuan jangkauan pemancar jammer.

Diperlukan perbandingan level sinyal jamming dan level sinyal input receiver agar terjadi pelumpuhan.melalui percobaan.

Daya jangkau perangkat jammer seperti pada tabel 5, berubah terhadap besarnya Pt.

Daya jangkau perangkat jammer dipengaruhi oleh perambatan gelombang VHF.

Pada perambatan gelombang dengan frekuensi VHF , berlaku sifat Fresnell Zone untuk jarak D ini harus *Line Of Sight* antara pemancar dan penerima.

Perambatan gelombang radio VHF merupakan garis lurus, maka jangkauannya dibatasi oleh horizon radio, jadi jarak jangkauannya tidak melebihi horizon radio.

Peningkatkan daya jangkauan jammer dapat dikerjakan :

- Menaikan gain antena yaitu dengan mengganti antena pemancar semula omni directional dengan antena directional.

- Mengubah Exciter ,Band Pass Filter menjadi 4 band, dan RF Amplifier menjadi 4 buah yang masing masing bekerja sesuai dengan frekuensi band sehingga gainnya akan lebih tinggi,

Pengukuran daya jangkauan peralatan jammer belum dapat dilaksanakan karena keterbatasan waktu, dan juga karena sistem tranceiver dengan frekwensi tersebut harus meminjam dari TNI.

8. Ucapan terima kasih

Penelitian ini dilaksanakan di Puslit Elektronika dan Telekomunikasi-LIPI.

Saya ucapkan terima kasih kepada :

- Daday Ruhiat Amd,Djaelani ,Dede Ibrahim,dan Syamsu Ismail ,ST. Puslit Elektronika dan Telekomunikasi-LIPI
- Ridodi Anantaprana,ST,Puslit Informatika –LIPI.
- Rustamaji Ir,MT., Jurusan Teknik Elektro –ITENAS. yang telah membantu dalam melaksanakan penelitian dan penulisan makalah ini.

9. Daftar pustaka

- [1] Elan Djaelani,Agus Subekti,*VHF Electronic Jamming Device For Electronic Warfare*, “Proceeding of :Asia Pacific On Arts,Science,Engineering & Technology”,Solo May 19-22 2008,ISBN:979 3688 88 2
- [2] Elan Djaelani,*Pembuatan Modul Receiver Untuk Sistem Perangkat Pemancar Jamming*, “Prosiding Seminar Radar Nasional 2009”, Bandung ,30 April 2009, ISBN 9-793-68889-6.
- [3] http://en.wikipedia.org/wiki/Equivalent_isotropically_radiated_power.
- [4] Std. 100 The Authoritative Dictionary of IEEE Standards Terms, 7th Edition, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, New York, 2000, ISBN 0-7381-2601-2, page 391
- [5] Elan Djaelani,Daday Ruhiat,*Pembuatan Exciter Untuk Perangkat Pemancar Jamming*, “Prosiding Radar Nasional 2008”,ISSN:1979-2921.
- [6] Termann,*Electronic And Radio Engineering*,Mc Graw-Hill Kogakusha,1982(p 820)
- [7] www.dtwc.com,*VHF 1077 Tactical Manpack Radio*,DATRON,3030 Enterprise Court,Vista,CA 92081,USA.
- [8] Laporan Penelitian *VHF Radio Jammer*,Puslit Informatika-LIPI,2007.