

Radio Frequency Hopping sebagai Secure Military Communications

Elan Djaelani¹⁾, Rustamaji²⁾

¹⁾Pusat Penelitian Informatika-LIPI
Jl.Cisitu No.21/154D.Kompleks LIPI Bandung,40135
Telp.022-2504711,Fax.022-2504712

²⁾Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional (Itenas)
Jl. P.H. H. Mustofa 23 Bandung 40124
Email:elan@informatika.lipi.go.id
rustamaji@itenas.ac.id

ABSTRAK

Radio Frequency Hopping termasuk salah satu *Secure Military Communications*. Pada makalah ini akan dibahas kegiatan penelitian tersebut, hasil penelitian, dan evaluasi hasil penelitian.

Kata kunci : *Radio Frequency Hopping, Secure Military Communications.*

1. PENDAHULUAN

I.1.Latar Belakang

Pada perkembangan global saat ini, aliran pertukaran informasi antar individu maupun suatu instansi berjalan sangat cepat dan dalam volume yang sangat besar,danbersifat terbuka sehingga sehingga diperlukan strategi pengamanan terhadap informasi yang bersifat rahasia.

Untuk pertukaran informasi yang bersifat rahasia, memancing pihak lain untuk mengetahui isi informasi tersebut atau bahkan menggagalkan pertukaran informasi tersebut, sehingga timbul skenario peperangan informasi (*information war*).

Untuk memenangkan peperangan informasi (*information war*) pada :

- bidang sipil seperti pada perbankan atau perusahaan tertentu untuk mengatasi penyadap aliran informasi
- maupun militer untuk Command Computer Control and Information (C3I).

diperlukan suatu strategi yang tepat untuk pengamanan (*security*) informasi.

Informasi yang diamankan dapat berupa :

- sinyal audio berupa *voice, speech*, atau *music*
- sinyal video berupa gambar diam (*fixed picture*), gambar bergerak (*motion picture*) slow motion picture dan fast motion picture, atau teks
- data digital

Pengamanan.

Pengamanan informasi terutama banyak digunakan pada bidang militer, untuk mendapatkan keamanan pada komunikasi militer (*secure military communication*). Untuk itu diperlukan suatu strategi

pengamanan informasi yang meliputi 4 tingkat / lapis pengamanan, yaitu :

Lapis 1 : Lapis biologis

Adalah lapis pengaman pada orang atau manusia yang akan mengolah, mengirim ataupun menerima informasi. Dilakukan dengan cara-cara psikologis, indoktrinasi, atau pendekatan agama.

Lapis 2 : Lapis fisik

Adalah lapis pengaman pada barang berupa bentuk fisik (suara, gambar, tulisan /teks, dan lainnya) Dilakukan dengan kode-kode tertentu yang disamarkan (*fuzzy*) sehingga tidak setiap orang mengerti maksudnya seperti pada :

- gambar, teks, tulisan, yang terekam pada media (kertas, pita kaset, VCD, DVD, film, disket, dll)
- suara yang terdengar supaya sulit diartikan

Lapis 3 : Lapis elektronik

- Adalah pengamanan pada sinyal-sinyal elektronik
- Pengamanan informasi yang masih berupa bentuk asli seperti teks, gambar atau tulisan dengan menggunakan PIN (personal identification number), Password, atau DES (data / digital encryption system)
- Pengamanan informasi yang sudah berupa bentuk sinyal informasi elektrik dengan :

→ cara digital seperti menggunakan encryption (dengan kode-kode yang disembunyikan), chipering (sinyal informasi dipecah-pecah menjadi keping-keping), atau scrambling (sinyal informasi diacak-acak).

- cara digital seperti menggunakan spectrum shifter, spectrum inversion, scrambling, atau amplitude inversion

Lapis 4 : Lapis elektromagnetik

Adalah pengamanan pada spektrum elektromagnetik yang akan dipancarkan, berupa teknik.

- spread spectrum seperti menggunakan frequency hopping spread spectrum (FHSS), direct sequence spread spectrum (DSSS), time hopping spread spectrum (THSS), Phase hopping spread spectrum (PHSS), hybrid system, atau chirp.
- Manajemen frekuensi atau prosedur operasi frekuensi

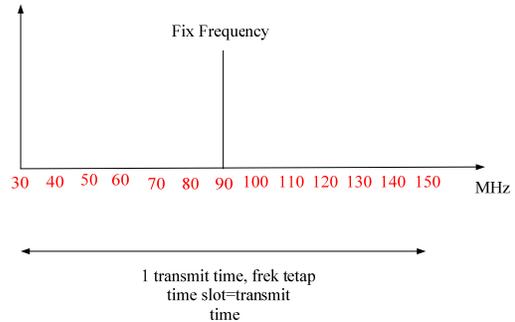
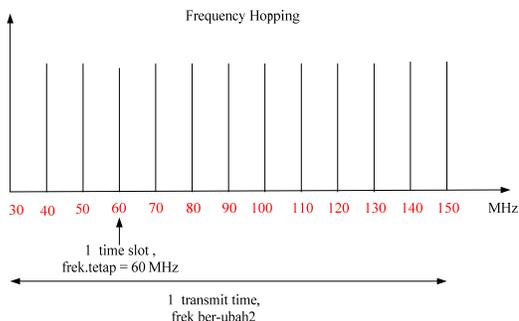
1.2. Radio Frequency Hopping

Radio Frequency Hopping adalah media transmisi yang dapat mengamankan informasi dengan teknik spread spectrum.

Pada prinsipnya komunikasi radio dengan teknologi *Spread Spectrum* (SS) adalah suatu teknik untuk menebar (*Spreading*) frekuensi sinyal informasi (dalam orde kHz) pada proses pemancaran, ke dalam daerah frekuensi (spektrum) yang mempunyai *bandwidth* sangat lebar (dalam orde MHz). Dalam proses penerimaan, dilaksanakan proses yang sebaliknya (*Despreading*). [1].

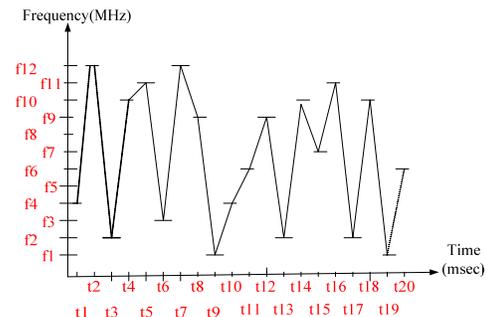
Karena frekuensi sinyal informasi disebar dalam bandwidth yang lebar, pemunculan informasi sesaat, pada suatu titik dari lebar spektrum (dalam milli detik), akan merupakan suatu *noise*. Pendeteksian sinyal SS dengan perangkat *receiver* (termasuk *scanner* maupun *spectrum analyzer*), sangat sulit dan terasa seperti suatu noise, sehingga informasinya tidak dapat diketahui.

FHSS adalah suatu teknik *Spread Spectrum* (SS) dengan metoda *Frequency Hopping* (FH), yaitu dengan menebar band frekuensi informasi ke dalam suatu daerah (alokasi) spektrum dengan sejumlah lompatan (*hop*) selama waktu transmisi (*transmit time*) dengan frekuensi yang berbeda-beda. [2]



Gambar 1. Perbedaan FF konvensional dengan FHSS

Dalam Alkom FHSS, frekuensi pembawa berubah terus menerus secara cepat dengan melompat (*hop*) dalam suatu pola tak beraturan. Pola tak beraturan ini harus sinkron antara pemancar dan penerima. Dimana pola tak beraturan dibangkitkan oleh suatu generator acak semu (*Pseudo Random Generator/PRG*). Dengan adanya pola tak beraturan akan meminimalkan kemungkinan prediksi pola lompatan frekuensi (*hop*) oleh lawan atau dapat dikatakan untuk memperoleh LPI (*Low Probability of Intercept*). Contoh pola acak random FHSS seperti pada gambar 2.



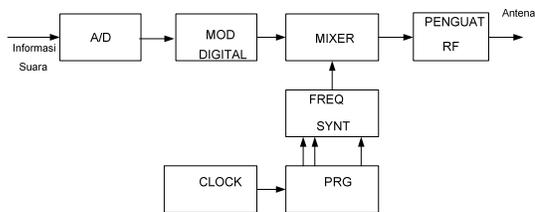
Gambar 2. Pola acak (random) FHSS

2. TUJUAN

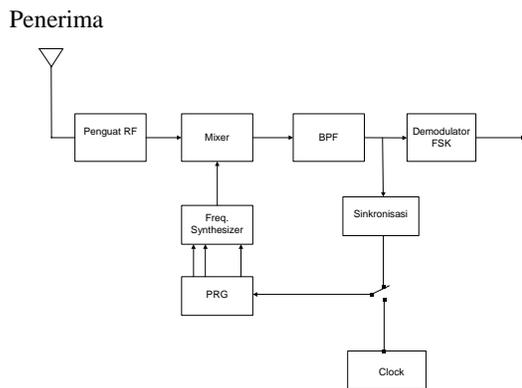
- Tujuan penelitian antara lain adalah:
- Membuat peralatan: Radio Frequency Hopping, sehingga mengurangi ketergantungan dari luar negeri.

3. STUDI PUSTAKA

Arsitektur FHSS Pengirim



Gambar 3. Pengirim Radio Frequency Hopping



Gambar 4. Penerima Radio Frequency Hopping

Pada pengirim, informasi digital terlebih dahulu dimodulasi menggunakan modulator FSK (*frequency shift keying*). Sinyal hasil modulasi tersebut kemudian dicampur (dikalikan) dengan sinyal pembawa yang dihasilkan oleh pensintesis frekuensi. Setelah itu, sinyal diperkuat dan dipancarkan.

Perbedaan antara FHSS dengan yang lainnya yaitu pada sinyal pembawa yang dihasilkan oleh pensintesis frekuensi. Sinyal pembawa tersebut senantiasa berubah dalam periode dan rentang frekuensi tertentu. Apabila dilihat pada gambar transmitter di atas, kombinasi frekuensi sinyal pembawa ditentukan oleh generator kode PN. Rentang frekuensi yang mungkin yaitu dari s/d . ditentukan oleh bit yang digunakan oleh generator kode PN.

Pada penerima, sinyal FSK diperoleh kembali setelah didemodulasi pada *mixer* menggunakan replika sinyal penebar yang sama dengan sinyal penebar pada pengirim. Kemudian sinyal penebar tersebut didemodulasi menjadi sinyal informasi oleh *demodulator FSK*.

Untuk menghasilkan replika sinyal penebar yang sama dengan sinyal penebar pada pengirim maka dilakukan sinkronisasi. Sinkronisasi tersebut terdiri dari akuisisi dan tracking. Sinkronisasi ini menjadi sebuah tahap yang cukup sulit dibandingkan dengan tahap yang lain.

Akuisisi yaitu menyamakan fase awal replika kode penebar dengan kode penebar yang diterima sehingga fasenya mendekati. Dalam pembuatan perangkat frequency hopping kali ini, digunakan

metoda *serial search*. Metoda tersebut yaitu membandingkan frekuensi kode penebar yang diterima dengan frekuensi yang dibangkitkan di penerima. Dengan mendapatkan frekuensi yang sesuai dengan kode penebar yang diterima maka akan didapatkan kode PN. Kode PN tersebut yang nantinya akan digunakan dalam pembangkitan kode penebar di penerima. Hal itu dilakukan karena, seperti yang dijelaskan di awal, perubahan frekuensi kode penebar memiliki pola yang tetap dalam perioda tertentu.

Sedangkan *tracking* yaitu menyamakan fasa kode penebar yang dihasilkan dengan yang diterima sehingga beda fasanya menjadi nol. Tracking dilakukan metoda dengan PLL (*phase lock loop*). Phase lock loop akan menyamakan fasa yang dibangkitkan oleh penerima dengan yang diterima. PLL akan mempertahankan fasa pada penerima apabila telah sama dengan yang diterima.

4. METODE

1. Perancangan Radio Frequency Hopping.
 - Perancangan diagram blok
 - Analisis rangkaian
 - Perhitungan rangkaian
 - Penentuan komponen
2. Pembuatan prototipe rangkaian Radio Frequency Hopping.
3. Pengukuran dan pengesanan hasil pembuatan prototipe
4. Analisis hasil

5. HASIL DAN ANALISIS

Hasil penelitian terdapat pada gambar 5. terdapat bagian pengirim dan gambar 6 terdapat bagian penerima.

Blok pengirim :

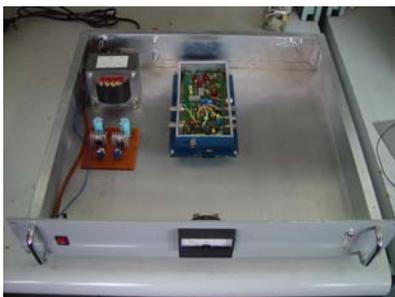
- A/D (Analog to Digital Converter) akan mengubah sinyal suara menjadi besaran digital, dengan proses modulasi *pulse width modulation* menggunakan IC 555.
- Modulasi digital akan menggunakan komponen utama XR 2206.
- *Pseudo Random Generator* menggunakan komponen utama IC 74LS164 dan IC 74LS00.
- Rangkaian clock menggunakan IC 555.
- Penguat daya RF dari transistor.
- Power supply DC 12 atau 13,8 V/ 5 Ampere atau lebih tinggi.
- Rangkaian tercetak diatas PCB teflon.
- Konektor yang akan digunakan jenis : BNC, SMA,N,M.Kabel coaxial RG 213/20 Ohm.
- Antena pengirim dipakai jenis telescopic.

Blok penerima :

- D/A (Digital to Analog Converter) akan mengubah sinyal digital menjadi besaran analog kembali, dengan proses LPF menggunakan IC LF 356.
- Demodulasi digital akan menggunakan komponen utama XR 2211.
- *Pseudo Random Generator* menggunakan komponen utama IC 74LS164 dan IC 74LS00.
- Rangkaian clock menggunakan IC 555.
- Rangkaian Sinkronisasi (akuisisi dan tracking) menggunakan sejumlah IC TTL, CMOS dan Analog
- Penguat RF menggunakan komponen utama transistor atau IC Hibrid.
- Power suply DC 12 atau 13,8 V/ 5 Ampere atau lebih tinggi.
- Rangkaian tercetak diatas PCB teflon.
- Antena penerima dipakai jenis telescopic.[6].



Gambar 5. Bagian Penerima

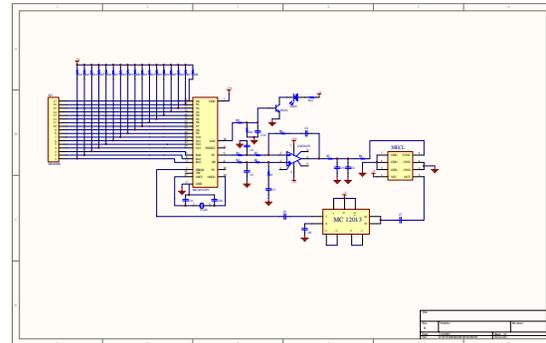


Gambar 6. Bagian Pengirim

Bagian yang paling lama penelitiannya adalah Frequency Synthesizer. Pada hasil dan analisis yang dibahas adalah Frequency Synthesizer.

Analisis

Diagram blok dari modul synthesizer terdiri dari:Phase Detektor,Low Pass Filter,VCO dan Frequency Divider.



Gambar 7. Blok diagram Frekuensi synthesizer

Gambar.7. adalah schematic diagram dari Frequency Synthesizer terdiri dari VCO,Pembagi 10,Frekuensi Synthesizer,dan Loop Filter. VCO dipakai type POS 100 dari Mini Circuit. Frequency Synthesizer dipakai type of MC 145151P2 dari Motorola, dimana frekuensi referensi dan detektor fasa sudah berada didalam chip. Pembagi 10 dipakai IC type MC 12013 dari Motorola[3]. Loop Filter dipakai Op-Amp. Frequency Synthesizer yang dibuat seperti pada Gambar 8.

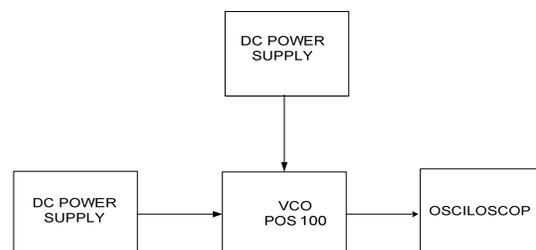


Gambar 8. Rangkaian Frequency Synthesizer

Pengukuran Pensintesis Frekuensi[3].

1.Voltage Control Oscilator.

Alat-Alat pengukuran dipasang sebagai berikut:



Gambar 9. Diagram Pengukuran VCO :Pos-100

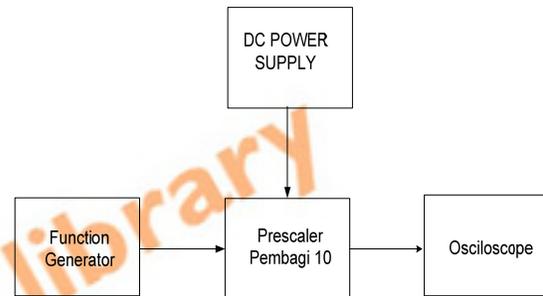
Hasil Pengukuran berupa tegangan terhadap frekuensi

Tabel 1. VCO Pos 100.

| V Tune (Volt) | Frekuensi (MHz) |
|---------------|-----------------|
| 1 | 51,074 |
| 2 | 56,074 |
| 3 | 57,074 |
| 4 | 61,458 |
| 5 | 63,852 |
| 6 | 69,002 |
| 7 | 73,492 |
| 8 | 78,043 |
| 9 | 82,347 |
| 10 | 86,719 |
| 11 | 90,596 |
| 12 | 93,827 |



Gambar 12. Hasil Pengukuran Prescaler



Gambar 13. Diagram Pengukuran Prescaler



Gambar 10. Pengukuran output VCO :Pos-100

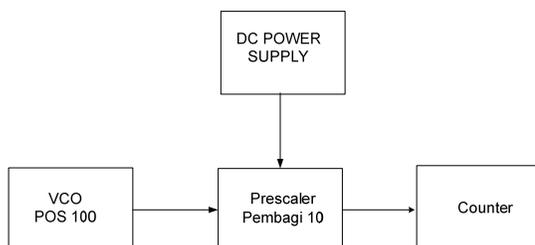


Gambar 14. Hasil Pengukuran Prescaler

2. Pengukuran Prescaler/pembagi

Untuk melihat kinerja dari IC Pembagi (Prescaler) Pertama-tama dilakukan.

Input dari Prescaler :10 tersebut diberi sinyal dari VCO dengan frekuensi sebesar 63 MHz dan Level tegangan sebesar 0,2 volt hasil output yang kita inginkan tercapai. Seperti Gambar 12. dibawah ini



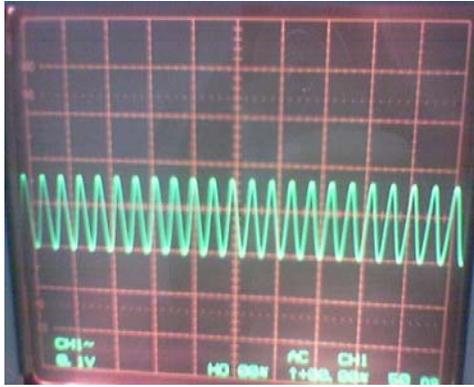
Gambar 11. Diagram Pengukuran Prescaler

Untuk Level tegangan input dari VCO sebesar 0,2 Volt dan output dari prescaler tersebut sebesar 1,2 maka dalam Prescaler mempunyai penguatan sebesar 6 dB.

3. Frekuensi Synthesizer

Untuk Hasil Pengukuran bahwa bandwidth output dari frekuensi synthesizer sebesar 10 MHz. Untuk melihat hasil output dari Frekuensi synthesizer terlihat dibawah ini:

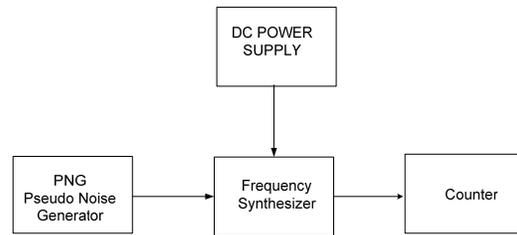
a. Pengukuran dengan Osciloskop



Gambar 15. Pengukuran Frequency Synthesizer dengan Oscilloscope.

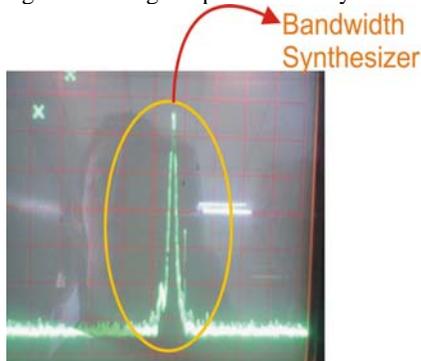
Pada sinyal frekuensi synthesizer tersebut mempunyai frekuensi sebesar 60 Mhz. Diagram blok pengukuran salah satu pengukuran Frekuensi Synthesizer seperti pada gambar 12.[3]

c. Pengukuran dengan counter.

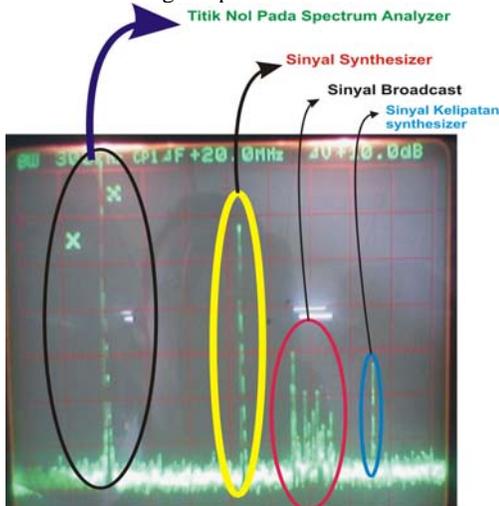


Gambar 18. Diagram Blok Pengukuran Frequency Synthesizer

b. Pengukuran dengan Spectrum Analyzer



Gambar 16. Pengukuran Frequency Synthesizer dengan Spectrum Analiser



Gambar 17 . Pengukuran Frequency Synthesizer dengan Spectrum Analiser dengan spektrum yang lebar

Frekuensi Synthesizer dikontrol oleh Pseudo Noise Generator (PNG) yang menghasilkan sekuen seperti pada tabel hasil pengukuran.

Tabel 1. Hasil pengukuran(Chip rate 1)

| Nomor Sekuen | Output PN Gen | Frekuensi Output Synthesizer [MHz] | Nomor Sekuen | Output PN Gen | Frekuensi Output Synthesizer [MHz] |
|--------------|---------------|------------------------------------|--------------|---------------|------------------------------------|
| 1 | 10000000 | 59,048 | 8 | 11010010 | 66,281 |
| 2 | 10111111 | 60,343 | 9 | 11000011 | 67,547 |
| 3 | 10111101 | 61,183 | 10 | 11000111 | 68,574 |
| 4 | 00111101 | 62,255 | 11 | 11100111 | 69,213 |
| 5 | 00111100 | 63,057 | 12 | 11101111 | 69,652 |
| 6 | 01111000 | 64,545 | Siklik | 10000000 | 59,048 |
| 7 | 01011010 | 65,063 | | | |

Perkembangan terakhir ada teknologi baru untuk Frequency Synthesizer yaitu Direct Digital Synthesizer(DDS).DDS adalah jenis frequency synthesizer dimana frekuensi sinyal keluaran dibangkitkan oleh rangkaian logika.Rangkaian logika membangkitkan kode kode digital yang mewakili sinyal dengan frekuensi tertentu ,selanjutnya DAC (Digital to Analog Converter)untuk mengkonversi kode kode digital menjadi sinyal analog.Chip SP 2001 dari Plessey Semiconductor mempunyai spesifikasi:

- sinyal keluaran sinusoida.
- frekuensi keluaran 50 KHz-100 MHz.
- hopping time 17 μ s,hooping rate sampai dengan 58823529,41 hop/s.
- keluaran 8 bit parallel [4].
- resolusi 16 bit
- frek clock 350 MHz.

6. KESIMPULAN

Penelitian Radio Frekuensi Hopping yang dibahas hasil dan analisis Frequency Synthesizer karena bagian ini yang penting untuk memindahkan frekwensi pembawa.Bagian ini dapat berfungsi untuk chip rate=1, lihat hasil pengukuran.

Ada teknologi baru untuk Frequency Synthesizer yaitu Digital Synthesizer.Untuk penelitian kedepan diusulkan penerapan Digital Synthesizer, guna meningkatkan kecepatan hopping.

Juga Pseudorandom Generator diganti dengan Digital Pseudorandom Hopping ,dengan mengaplikasikan mikrokontroler sebagai pembangkit hopping.

Radi Frequency Hopping ini sangat baik untuk pengamanan informasi dan akan baik untuk diusulkan digunakan oleh Tentara Nasional Indonesia (TNI).

7. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dilaksanakan di Puslit Elektronika dan Telekomunikasi-LIPI.

Terima kasih disampaikan kepada :

1. Prof.Ir.Toto Sabar Sugandi,MSc, Djaelani , Dede Ibrahim, dan Daday Ruhiat Amd,Puslit Elektronika dan Telekomunikasi-LIPI
2. Rusmana,Ir,MT, DISLIBANGAL-MABESAL. yang telah membantu memberi informasi dalam melaksanakan penelitian dan penulisan makalah ini.

8. DAFTAR REFERENSI

- [1].Ziemer,R.E.and Peterson,R.L."Digital Communication and Spread Spectrum System",1985.
- [2].2.Cooper,G.R. and Mc Gillem ,C.D,"Modern Communication and Spesd Spectrum",McGraw Hill,1988.
- [3].Elan Djaelani,"Design and Implementasi of Frequency Synthesizer for Radio Frequency

Hopping",International Conference on Rural Information and Communication Technology 2007,Bandung,August 6-7,2007

- [4].Rustamaji,Elan Djaelani," Aplikasi Rangkaian Terintegrasi Direct Digital Synthesizer (DDS) Sebagai Pembangkit Sinyal Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)",Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Program R&D Mikroelektronik dan Aplikasinya,Bandung,9 Oktober 2003

- [5].5.Charles O Philips,Practical Spread Spectrum Frequency Hopping,2000.

- [6].Laporan Akhir Penelitian Radio Frekuensi Hopping,Puslit Informatika-LIPI,2006