

Sub-Sistem Akusisi Data pada Sistem Pengukuran Kanal HF pada Lintasan Merauke-Surabaya

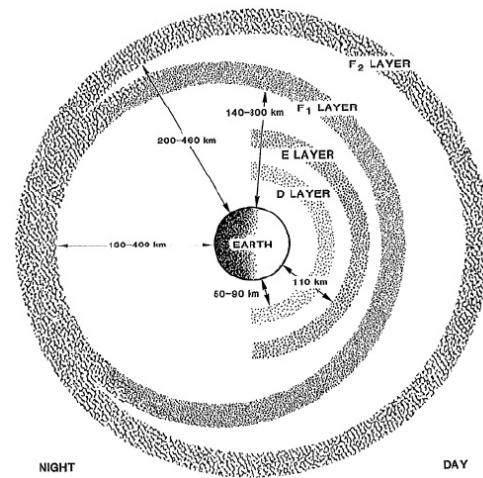
Fredy Indra Oktaviansyah, Gamantyo Hendratoro, dan Prasetyono Hari Mukti.
Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111
E-mail: gamantyo@yahoo.com, prasetyono.hm@gmail.com

Abstrak—Gelombang radio *High Frequency* (HF) mampu melakukan perjalanan jarak jauh hingga ribuan kilometer yang memanfaatkan pantulan pada lapisan ionosfer. Namun, pada lapisan ionosfer di daerah equatorial seperti di Indonesia terdapat fenomena yang disebut *Equatorial Spread-F* (ESF) yang berpotensi menyebabkan *delay spread* dan *time variant* yang besar dan berpengaruh terhadap kanal HF. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur dan mengkaraktirasi kanal HF pada lintasan Merauke-Surabaya dengan jarak 3036 km dan frekuensi yang digunakan adalah 9, 11, dan 27 MHz serta informasi yang dikirimkan dari *transmitter* berupa *Pseudo-Random Binary Sequence* (PRBS) atau *PN sequence*. Proses analisis dilakukan dengan melakukan sampling sinyal hasil propagasi, menggunakan perangkat *Universal Software Radio Peripheral* (USRP). Kemudian data disimpan dalam bentuk *file Technical Data Management Streaming* (TDMS) menggunakan *software Laboratory Virtual Engineering Workbench* (LabVIEW). Data sinyal yang telah disimpan kemudian dilakukan *cross correlation* dengan sinyal *PN sequence* yang dibangkitkan oleh *transmitter*. Berdasarkan hasil pengujian dengan jarak antara antenna *transmitter* dengan antenna *receiver* 25,2 meter dan 56 meter, didapat hasil korelasi yang bervariasi untuk frekuensi *carrier* 9, 11, dan 27 MHz.

Kata kunci—*Cross Correlation*, *LabVIEW*, *PN Sequence*, *TDMS*, *USRP*

I. PENDAHULUAN

Propagasi frekuensi HF dapat mencapai jarak ribuan kilometer dengan memanfaatkan pantulan melalui lapisan ionosfer. Di daerah equatorial seperti di Indonesia terdapat fenomena yang disebut *Equatorial Spread-F* (ESF) pada lapisan ionosfer. Fenomena ini berpotensi menyebabkan *delay spread* dan *time varian* yang lebih besar dibanding dengan daerah-daerah pada garis lintang yang lebih tinggi. Oleh karena itu, perlu dilakukan karakterisasi lapisan ionosfer dengan cara menganalisis dampak ESF dari berbagai lapisan ionosfer di daerah equatorial terhadap propagasi sinyal HF. Hal tersebut dilakukan untuk memperbaiki transmisi sinyal HF agar sinyal yang ditransmisikan melalui saluran HF dengan media pantulan lapisan ionosfer di daerah equatorial dapat diterima secara optimal. Aplikasi dalam band ini umumnya adalah *narrowband* (<10 kHz) dengan *bandwidth* informasi kurang dari 3 kHz [1]. Penelitian ini mencoba diaplikasikan untuk *wideband* dengan *bandwidth* informasi >10kHz dan menggabungkan sub-sistem akusisi data untuk sistem pengukuran *wideband* pada pita HF yang akan dilakukan pada



Gambar. 1. Ilustrasi Lapisan Ionosfer Di Seluruh Permukaan Bumi [3]

lintasan Merauke-Surabaya. Sinyal yang dikirimkan dari *transmitter* berupa *PN sequence* dengan *chiprate* 500kHz. Pada sistem akusisi data dilakukan sampling sebesar 1 MS/s. Kemudian dianalisis korelasi antara sinyal *PN* yang diterima oleh *receiver* terhadap sinyal *PN* yang dikirimkan oleh *transmitter*.

II. DASAR TEORI

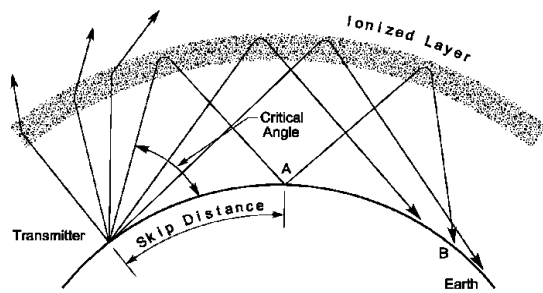
A. Komunikasi HF

Komunikasi HF biasa digunakan untuk komunikasi jarak jauh (*long distance*) hingga ribuan kilometer. Hal ini sesuai dengan karakteristik gelombang HF yang dapat dipantulkan oleh lapisan ionosfer pada atmosfer bumi. Transmisi dengan pantulan lapisan ionosfer memungkinkan untuk melakukan propagasi di sekeliling permukaan bumi karena redaman pada lapisan ionosfer relatif kecil.

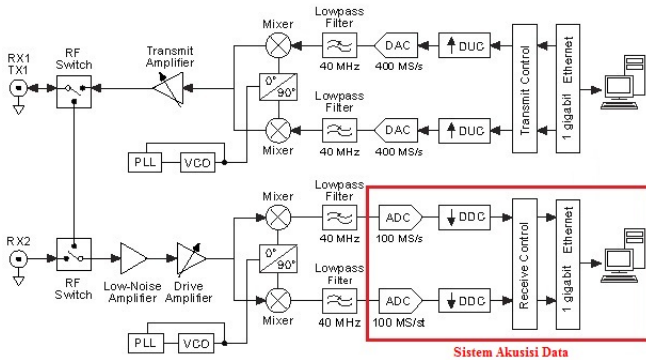
Ionosfer merupakan produk dari matahari dan radiasi matahari ini menyebabkan terjadinya pemisahan elektron bebas di atmosfer. Atmosfir di atas permukaan bumi terbagi dalam beberapa lapisan, yaitu : Troposfer, Statosfer dan Ionosfer. Lapisan ionosfer terbagi menjadi lapisan D, E dan F. Jenis-jenis lapisan tersebut dibedakan berdasarkan ketinggiannya dari permukaan bumi.

Pada Gambar.1 dapat dilihat jenis-jenis lapisan ionosfer.

Gelombang HF memantul pada lapisan F [2]. Pada Gambar.2 dapat dilihat untuk propagasi HF yang memantul pada lapisan ionosfer. Jumlah pantulan pada propagasi HF



Gambar. 2. Diagram Blok Sistem Pemancar



Gambar. 3. Diagram Blok Sistem Akusisi Data

tergantung sudut pancar di sisi transmitter (*Take of Angle* atau *Critical Angle*).

B. Sistem Akusisi Data

Sebuah sistem akusisi data atau biasa dikenal *Data-Acquisition System (DAS)* merupakan sistem instrumentasi elektronik terdiri dari sejumlah elemen yang secara bersama-sama bertujuan melakukan pengukuran, menyimpan, dan mengolah hasil pengukuran [4]. Secara aktual DAS berupa *interface* antara lingkungan analog dengan lingkungan digital. DAS beserta proses ADC yang digunakan pada penelitian ini terdapat dalam perangkat USRP. *PN sequence* yang dikirimkan oleh transmitter memiliki *chiprate* 500kHz. Berdasarkan teori sampling *Nyquist*, bahwa sinyal *baseband* dengan frekuensi maksimum *f_a* harus dicuplik dengan frekuensi sampling $f_s \geq 2 f_a$ [4], maka sampling minimal yang digunakan adalah 1MHz.

C. File TDMS

TDMS merupakan suatu sistem penyimpanan data hasil pengukuran yang terdapat pada program LabVIEW dari *National Instrument (NI)*. Dengan adanya TDMS maka semua data yang didapat pada sistem pengukuran bisa disimpan dalam suatu bentuk format *file TDMS* pada hardisk [5].

III. PERANCANGAN SISTEM AKUSISI DATA

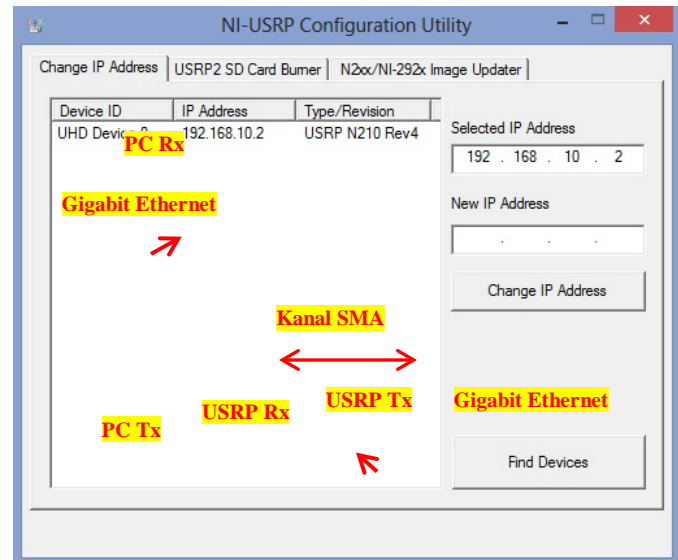
A. Diagram Blok Sistem Akusisi Data

Pada Gambar.3 dapat dilihat diagram blok sistem akusisi data.

Diagram blok sistem akusisi data terdapat di dalam sistem receiver karena pada pengukuran ini menggunakan perangkat *Software Defined Radio (SDR)* berupa *Universal Software Radio Peripheral (USRP)*.



Gambar. 4. Konfigurasi USRP



Gambar. 5. Konfigurasi USRP

B. Interkoneksi USRP dengan LabVIEW

Sistem kontrol USRP dilakukan oleh *software* LabVIEW untuk menyiapkan sinyal bagi transmitter dan mengolah sinyal bagi receiver. Oleh karena itu, USRP harus terkoneksi dengan PC melalui *Gigabit Ethernet Interface* seperti pada Gambar.4.

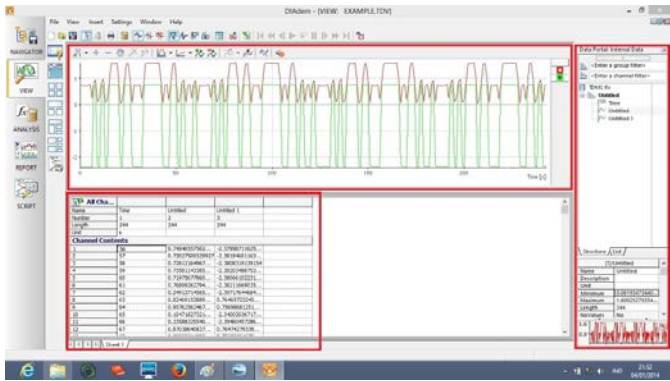
Untuk pengujian sistem USRP transmitter dengan USRP receiver dikoneksikan dengan menggunakan kanal jumper antar USRP. Setelah kedua USRP terhubung pada masing-masing PC, maka selanjutnya dilakukan konfigurasi agar USRP dapat dikontrol oleh LabVIEW. Untuk interkoneksi antara PC dengan USRP menggunakan IP address dengan default IP untuk USRP adalah 192.168.10.2. Sedangkan IP address untuk PC harus di set dengan *subnet mask* yang sama atau satu jaringan. Pada sistem ini digunakan IP 192.168.10.3. Untuk konfigurasi USRP dapat dilihat pada Gambar.5.

C. Software Dynamic Integrated Assignment and DEMand Modelling (DIAdem)

Software DIAdem digunakan untuk melihat dan menganalisa data hasil yang disimpan dalam bentuk file TDMS. Tampilan open file ".tdms" menggunakan DIAdem dapat dilihat pada Gambar.6.

D. Perancangan Program Akusisi Data

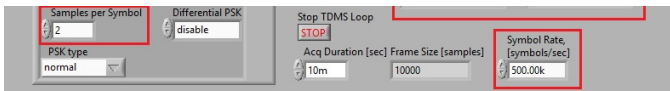
Pada perancangan blok diagram TDMS menggunakan sub VI *Express* karena di dalam sub *Virtual Instrument (VI)* tersebut sudah terdapat parameter-parameter penting yang



Gambar. 6. Tampilan data TDMS pada DIADEM

ID	Name	Created	Modified	Format	Size
1.	(1M) (9M) (2)	09/01/2014 0:13		TDMS File	29,386 KB
1.	(1M) (9M) (2).tdms_index	09/01/2014 0:13		TDMS_INDEX File	26 KB
2.	(2M) (9M) (4)	09/01/2014 0:17		TDMS File	34,592 KB
2.	(2M) (9M) (4).tdms_index	09/01/2014 0:17		TDMS_INDEX File	17 KB
3.	(1M) (11M) (2)	07/01/2014 21:54		TDMS File	34,593 KB
3.	(1M) (11M) (2).tdms_index	07/01/2014 21:54		TDMS_INDEX File	16 KB
4.	(2M) (11M) (4)	09/01/2014 0:36		TDMS File	28,049 KB
4.	(2M) (11M) (4).tdms_index	09/01/2014 0:36		TDMS_INDEX File	14 KB
5.	(1M) (27M) (2)_1	09/01/2014 0:42		TDMS File	29,619 KB
5.	(1M) (27M) (2)_1.tdms_index	09/01/2014 0:42		TDMS_INDEX File	26 KB
6.	(2M) (27M) (4)	09/01/2014 0:49		TDMS File	39,735 KB
6.	(2M) (27M) (4).tdms_index	09/01/2014 0:49		TDMS_INDEX File	19 KB

Gambar. 9. Ukuran file TDMS pada memori hardisk PC



Gambar. 7. Front Panel Sistem Akusisi Data

digunakan dalam sistem akusisi data seperti menentukan *Format File* dan *File Termination*. Di dalam *Format File* terdapat beberapa *format file* yang dapat dipilih sesuai kebutuhan. Contohnya LVM untuk *format text*, TDMS untuk *format binary*, TDM untuk *binary with XML Header*, dan xlx untuk *Microsoft Excel*. *Format file* yang dipilih untuk sistem akusisi data ini adalah TDMS, karena *file TDMS* memiliki *feature* yang lengkap seperti informasi jumlah *channel* yang digunakan, *timestamp*, *decription*, dan lain-lain. *File TDMS* bersifat *unlimited* sesuai kapasitas *storage memory* yang dimiliki oleh PC.

Untuk *front panel* dan setingan parameter yang digunakan untuk proses akusisi data dapat dilihat pada Gambar.7.

Pada *transmitter* dikirimkan sinyal berupa sinyal PN *sequence* dengan *baudrate* sebesar 500 kbps. Kemudian PN *sequence* dimodulasi menggunakan BPSK *modulation* dengan beberapa percobaan frekuensi *carrier* 9 Mhz, 11 MHz dan 27 MHz. Sedangkan pada sistem *receiver*, sinyal PRBS yang diterima didemodulasi menggunakan QPSK *demodulation* sehingga muncul nilai *Inphase* (I) dan *Quadrature* (Q). Proses awal untuk sistem akusisi data dimulai dari pengambilan sinyal keluaran dari IQ *demodulator*. Dua sinyal keluaran dari IQ *demodulator* yang masih satu *bundle* dalam bentuk bilangan kompleks, dipecah menjadi komponen polar yaitu *r* dan θ . Komponen inilah yang disimpan dalam file TDMS.

Sesuai teorema Nyquist bahwa $f_s \geq 2 f_m$ karena *baudrate* PRBS dari *transmitter* adalah 500 kbps dengan sample per simbol sejumlah 2 maka pada bagian *front panel* parameter IQ *sampling rate* di set sebesar 1MS/s.



Gambar. 8. Perangkat Sistem Akusisi Data

E. Perancangan Program Cross Correlation

Program *cross correlation* dirancang menggunakan *software Matlab*. Proses *cross correlation* dilakukan untuk mengetahui seberapa jauh atau seberapa dekat korelasi antara sinyal PN *sequence* yang diterima oleh *receiver* dengan sinyal PN *sequence* yang dikirim oleh *transmitter*. Di bawah ini adalah program yang telah dibuat untuk proses *cross correlation*.

```
%fungsi cross correlation PN dan IQ receiver
PNfile = input('File PN transmit: ');
Recfile = input('File PN receive: ');
[PN_TDMS] = TDMS_readTDMSfile(PNfile);
PNdata = cell2mat(PN_TDMS.data(4));
cellI = 2;
cellQ = 3;
[Rec_TDMS] = TDMS_readTDMSfile(Recfile);
dataI = cell2mat(Rec_TDMS.data(cellI));
dataQ = cell2mat(Rec_TDMS.data(cellQ));
comIQ = dataI + dataQ*i;
cir = xcorr(PNdata-mean(PNdata), comIQ-mean(comIQ));
figure
stem(t,abs(cir));
```

IV. PENGUJIAN SISTEM DAN ANALISIS HASIL

A. Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan di kompleks kampus ITS Jurusan Teknik Elektro dengan jarak antara antena *transmitter* dengan antena *receiver* adalah 25,2 meter dan 56 meter.

Untuk sistem akusisi data, perangkat menyatu dengan sistem *receiver*, hanya berbeda dari sisi *block diagram* pada LabVIEW. Gambar.8 merupakan perangkat yang digunakan untuk sistem akusisi data.

B. Ukuran File TDMS

Ukuran file TDMS dipengaruhi beberapa parameter, yaitu *sampling rate*, *sample per symbol*, dan *scaled data Double Precision* (DBL) dengan nilai 64-bit dalam *block diagram* TDMS.

Tabel.1 menunjukkan ukuran *file TDMS* hasil pengukuran yang tersimpan dalam memori *hardisk*.

Pada Gambar.9 dapat dilihat ukuran *file TDMS* yang tersimpan di *hardisk*.

Ukuran *file* data TDMS berdasarkan hasil perhitungan menggunakan rumus (1) [6], diperoleh ukuran *file* TDMS untuk masing-masing *file* sebagai berikut :

$$N = \frac{\text{sampling rate}}{\text{sample per symbol}} \times \frac{\text{scaled data}}{8} \times t \quad (1)$$

Berdasarkan rumus (1) bahwa ukuran *file* data TDMS bergantung pada *Sampling rate* (MS/s), *Sample per symbol* (S/sym), *Scaled data* (bit) dan durasi pengukuran (s).

Contoh untuk perhitungan pertama *Frequency carrier* 9 MHz, *Sampling rate* 1 MS/s, dan *Sample per symbol* 2, maka :

$$N = \frac{\text{sampling rate}}{\text{sample per symbol}} \times \frac{\text{scaled data}}{8} \times t$$

$$N = \frac{1}{2} \times \frac{64}{8} \times 10$$

$$N = 40 \text{ MB}$$

Berdasarkan hasil pengukuran dan hasil perhitungan, terdapat perbedaan nilai ukuran *file* TDMS. Hal tersebut dikarenakan *timer* pengukuran dilakukan secara manual sehingga *timer* tidak persis 10 detik serta belum dilakukan proses manajemen *buffer* USRP (masih default *buffer*).

Untuk mengetahui semua kapasitas *file* TDMS menggunakan perhitungan, dapat dilihat pada Tabel.2.

C. Sinyal Hasil Akuisisi Data

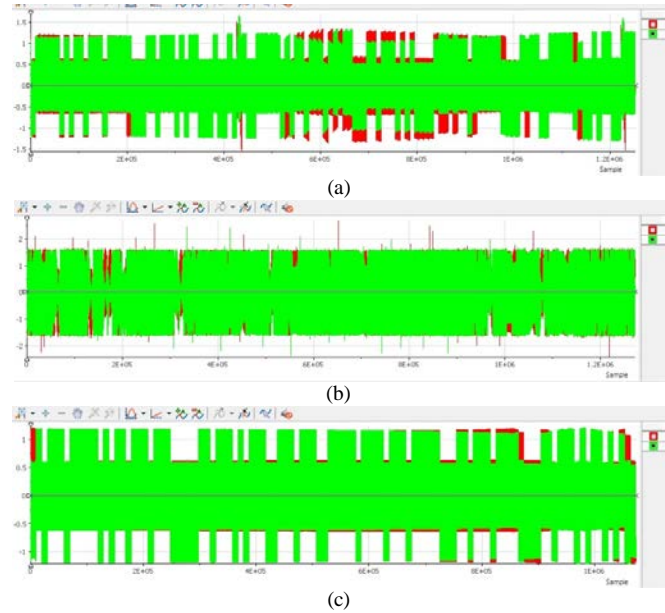
Setelah data hasil pengukuran disimpan dalam bentuk *file* TDMS, maka untuk melihat kembali bentuk sinyal secara keseluruhan, *file* TDMS dibuka menggunakan *software* DIAdem. Bentuk sinyal hasil pengukuran pada beberapa frekuensi *carrier* pengujian dapat dilihat pada Gambar.10.

Setelah sinyal berpropagasi dengan daya 1 Watt melalui medium udara, diperoleh bentuk sinyal *PN sequence* menjadi seperti Gambar 10. Pada gambar tersebut dapat dilihat antara sinyal *In-Phase* (I) berwarna merah dan *Quadrature* (Q) berwarna hijau.

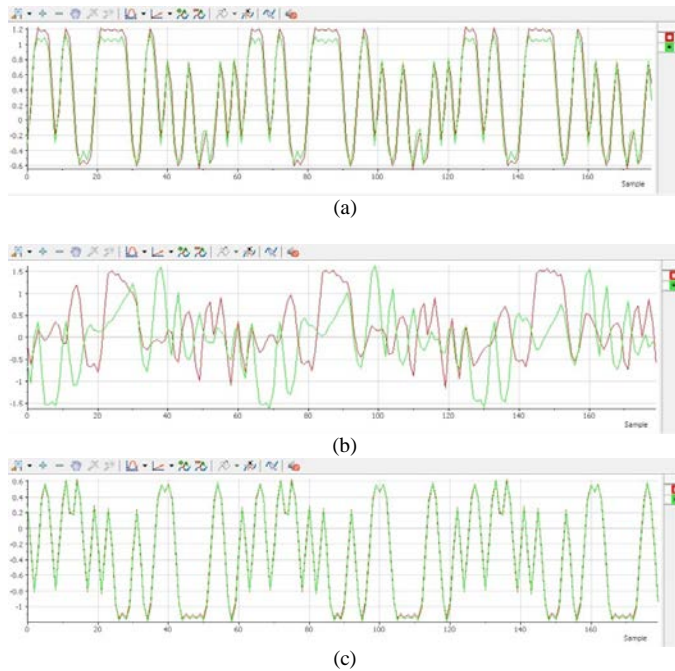
Bentuk sinyal pada Gambar.10 merupakan bentuk sinyal untuk semua *sample* yang disimpan selama 10 detik. Agar lebih terlihat periode *sequence*-nya, maka diambil 180 *sample* seperti pada Gambar.11.

Tabel.2
Ukuran *File* TDMS Berdasarkan Hasil Perhitungan

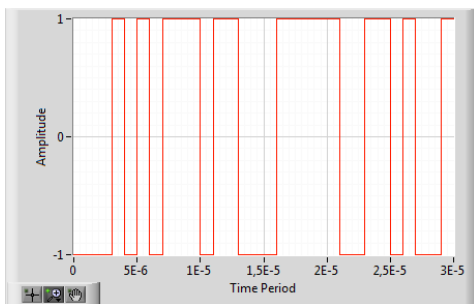
Calculation	Parameter			t (s)	File size TDMS (MB)
	Freq.	Sampling	Sample		
	Carrier (MHz)	rate (MS/s)	per symbol		
1	9	1	2	10	40
2	9	2	4	10	40
3	11	1	2	10	40
4	11	2	4	10	40
5	27	1	2	10	40
6	27	2	4	10	40



Gambar. 10. Sinyal dari data TDMS untuk Frekuensi *Carrier* (a) 9 MHz (b) 11 MHz (c) 27 MHz



Gambar. 11. Sinyal dari data TDMS 180 Sample untuk Frekuensi Carrier (a) 9 MHz (b) 11 MHz (c) 27 MHz



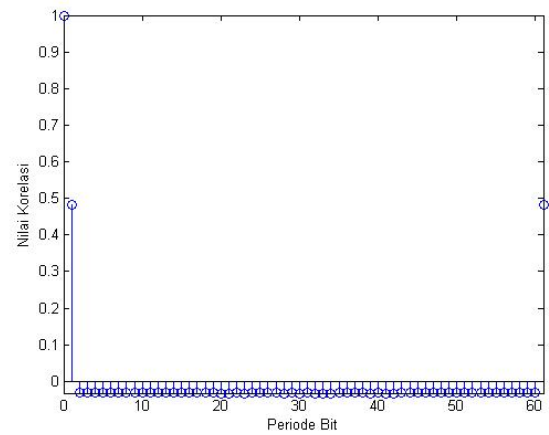
Gambar. 12. Sinyal PN Sequence pada Transmitter dengan Kecepatan 500 kbps

Bentuk sinyal pada Gambar.10 merupakan bentuk sinyal untuk semua sample yang disimpan selama 10 detik. Agar lebih terlihat periode *sequence*-nya, maka diambil 180 sample seperti pada Gambar.11.

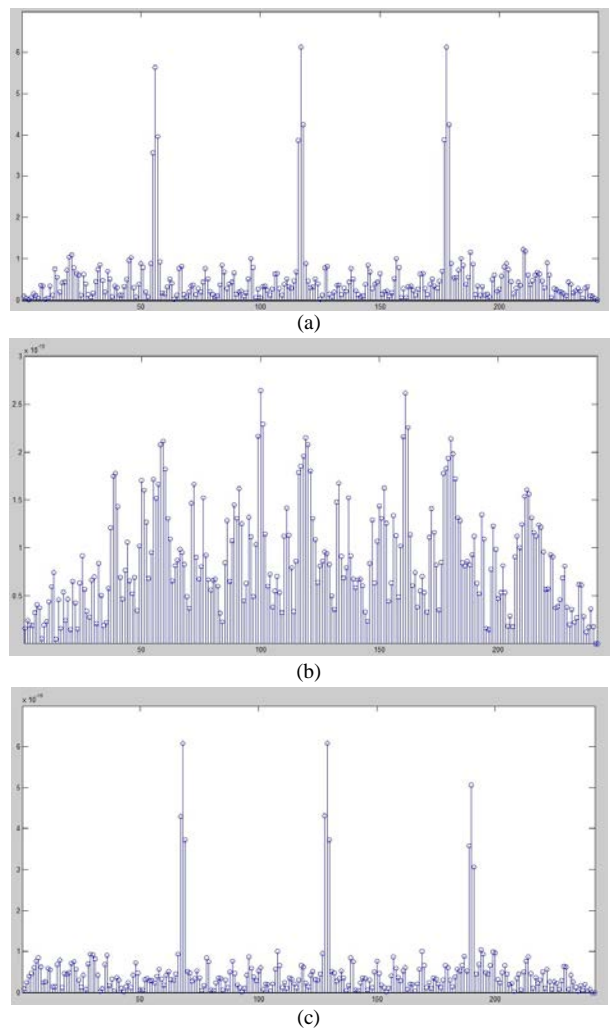
Sinyal yang dikirimkan dari *transmitter* berupa PN *Sequence* orde 5. Sinyal *sequence* dicuplik dua kali sinyal informasi berdasarkan teorema *Nyquist*, sehingga dalam satu periode *sequence* terdapat 2×31 sample yaitu 62 sample. PN *sequence* dikirimkan dengan kecepatan 500 Kbps. Sinyal PN *sequence* yang dikirimkan dari *transmitter* dapat dilihat pada Gambar.12

D. Cross Correlation Sinyal

Untuk menganalisa respon impuls kanal HF dilakukan dengan proses korelasi. PN *sequence* pada *receiver* yang dikorelasikan hanya diambil 180 sample, jadi tidak keseluruhan sinyal yang diterima dikorelasikan. Oleh sebab itu, hanya ada 3 periode *sequence* yang dijadikan sample. Sedangkan untuk PN *sequence* pada *transmitter* yang dikorelasikan hanya diambil 1 periode PN *sequence*. Untuk proses autokorelasi PN *sequence* pada *transmitter* dapat dilihat pada Gambar.13.



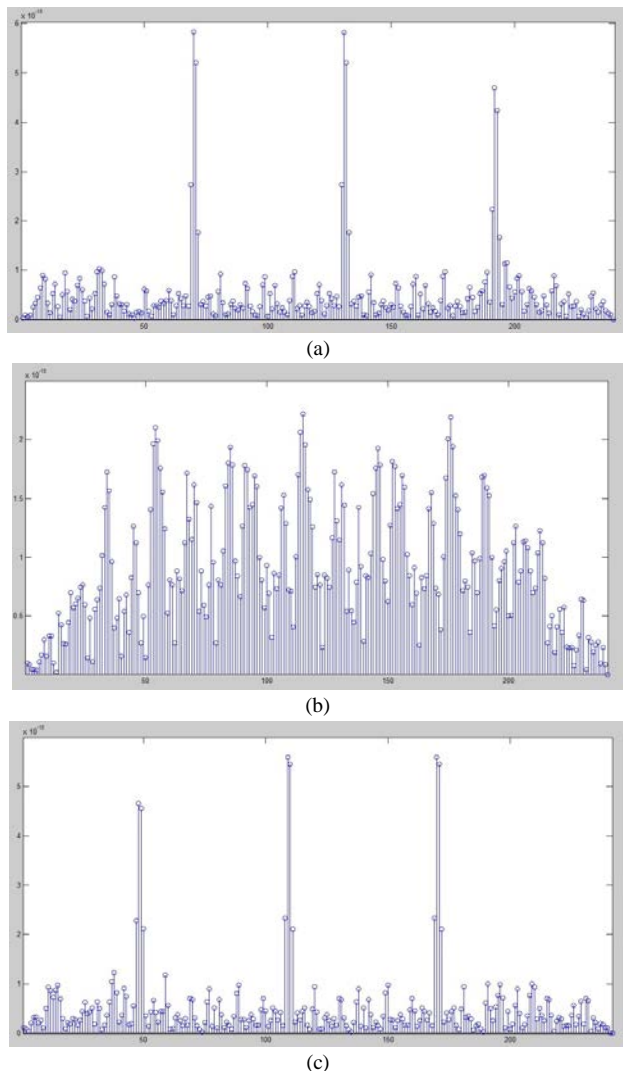
Gambar. 13. Autokorelasi PN Sequence pada Transmitter.



Gambar. 14. Cross Correlation untuk Frekuensi Carrier (a) 9 MHz (b) 11 MHz (c) 27 MHz

Hasil dari proses *cross correlation* untuk jarak antara antenna transmitter dengan receiver 25 meter dapat dilihat pada Gambar.14.

Sedangkan untuk hasil dari proses *cross correlation* untuk jarak antara antenna transmitter dengan receiver 56 meter dapat dilihat pada Gambar.15.



Gambar. 15. Cross Correlation untuk Frekuensi Carrier (a) 9 MHz (b) 11 MHz (c) 27 MHz

Dari grafik hasil *cross correlation* sinyal PN *sequence*, dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan hasil *cross correlation* untuk setiap frekuensi *carrier* yang digunakan. Untuk korelasi yang diharapkan yaitu sesuai dengan autokorelasi PN *sequence* pada sisi *transmitter* dapat diketahui dari hasil *cross correlation* untuk frekuensi *carrier* 9 MHz dan 27 MHz seperti pada Gambar.14 (a), Gambar.14 (c), Gambar.15 (a) dan Gambar.15 (c). Dimana terdapat 3 impuls respon yang magnitudonya lebih tinggi dari pada impuls-impuls yang lain. Serta dapat diketahui jumlah impuls antar periode atau antar setiap impuls dengan magnitudo yang tinggi, yaitu jumlahnya adalah 61 impuls sesuai dengan sample dalam 1 periode PN *sequence* yang diterima.

Sedangkan untuk korelasi yang tidak mendekati hasil autokorelasi PN *sequence* pada sisi *transmitter* dapat diketahui dari hasil *cross correlation* untuk frekuensi *carrier* 11 MHz seperti Gambar.14 (b) dan Gambar .15 (b). Dimana tidak dapat dilihat jumlah impuls setiap periode PN karena terdapat pergeseran impuls respon dari periode satu ke periode yang lain. Sehingga mengakibatkan impuls-impuls dengan magnitudo rendah bertambah dengan impuls yang lain dan akibatnya impuls-impuls yang rendah, magnitudonya menjadi

tinggi. Dengan kata lain, periode impuls PN *sequence* tidak dapat dilihat.

V. KESIMPULAN

Sinyal PN *sequence* dikirimkan dengan *chirate* 500kHz kemudian sinyal PN *sequence* tersebut diterima oleh sistem *receiver* lalu dilakukan proses akuisisi data. Melalui proses akuisisi dan pengolahan data, data sinyal disimpan di dalam file TDMS, lalu dibangkitkan kembali dengan *software* DIAdem dalam bentuk grafik. Berdasarkan grafik sinyal terbukti bahwa sinyal tersebut berupa PN *sequence* orde 5 yang dikirimkan oleh sistem *transmitter*.

Sebelum melakukan penyimpanan data sinyal *In-phase* (I) dan *Quadrature* (Q) dengan format file TDMS, terlebih dahulu dapat dilakukan perhitungan kebutuhan memori untuk menyimpan file TDMS di *hardisk* PC. Besarnya ukuran file TDMS bergantung pada parameter *sampling rate*, *sample per symbol*, *scaled data* dan waktu pengukuran. Dari hasil pengukuran selama 10 detik dengan *sampling rate* 1 MS/s dan 2 *sample per symbol*, didapat ukuran file TDMS yang disimpan dalam memori *hardisk* adalah 34,593 MB. Sedangkan hasil perhitungan didapat ukuran file TDMS adalah 40 MB. Adanya perbedaan hasil pengukuran dengan hasil perhitungan dikarenakan parameter waktu pengukuran dilakukan secara manual, sehingga tidak persis 10 detik dan adanya sisa data pada *buffer* USRP karena masih belum dilakukan kontrol *buffer*.

Dengan proses *cross correlation* PN *sequence* yang diterima sistem *receiver* terhadap PN *sequence* yang dikirimkan *transmitter*, dapat diketahui bahwa pada frekuensi *carrier* 9 MHz dan 27 MHz hasil korelasinya mendekati hasil autokorelasi PN *sequence* pada *transmitter*. Sehingga dapat terlihat periode PN *sequence* pada deretan impuls hasil korelasi. Sedangkan untuk frekuensi *carrier* 11 MHz hasil korelasinya tidak mendekati hasil autokorelasi PN *sequence* pada *transmitter*. Sehingga deretan impuls hasil korelasi tidak dapat dilihat adanya periode PN *sequence*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rappaport, Theodore S., "Wireless Communication Principles and Practice". Prential Hall, USA, 2002.
- [2] Australian Goverment. "IPS Radio and Space Services, Introduction to HF Radio Propagation.pdf" Sidney, Australia, 2007.
- [3] Foose Bill, "High Frequency Communications – An Introductory Overview". Presented at IARC Meeting, April, 2012.
- [4] Marpanaji Eko, "Aplikasi Platform Komputasi Software-Defined Radio (SDR) untuk Digital Spectrum Analyzer", Penelitian, UNY, 2010.
- [5] National Instrument, "TDMS File Format Internal Structure" <URL: <http://www.ni.com/white-paper/5696/en/>>, November, 2013
- [6] _____, "Data Storage and High-Speed Streaming", University of Oslo, Januari, 2013