

Pemodelan ARIMA untuk Kanal Frekuensi Tinggi (*High Frequency*) Link Banda Aceh-Surabaya

Indra Jaya

Jurusan Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Noverber
Kampus ITS, Keputih-Sukolilo,
Surabaya, INDONESIA
Jaya_indra13@yahoo.co.id

Abstrak—Pada era globalisasi saat ini teknologi telekomunikasi berkembang dengan sangat pesat. Begitu juga dalam bidang *broadcasting*. Sehingga sangat memungkinkan meningkatnya kebutuhan terhadap kanal frekuensi yang baru. Sistem komunikasi radio HF mempunyai kelebihan dalam propagasi yaitu dapat menjangkau jarak lintasan yang jauh, mudah diimplementasikan dan lebih murah dibandingkan dengan sistem komunikasi satelit.

Para peneliti telah banyak melakukan pemodelan terhadap kanal HF dengan berbagai macam model, umumnya pemodelan kanal statistik dirancang dan diterapkan dengan menggunakan simulator kanal. Salah satu model yang dapat diterapkan adalah dengan model ARIMA. Karena Model ARIMA memiliki karakteristik yang paling sesuai dengan karakteristik data yang didapat dari pengukuran redaman kanal HF yaitu *time series*. Dengan pemodelan ARIMA, perlu dipertimbangkan sifat tak stasioner dalam dimensi waktu, agar didapat keakuratan yang tinggi, sehingga sangat cocok untuk data yang mempunyai sifat tak stasioner. Pemodelan ARIMA untuk kanal HF saat ini belum banyak diteliti, akan tetapi pemodelan ARIMA dalam bidang telekomunikasi lainnya sudah banyak sekali dilakukan.

Dari hasil pemodelan diperoleh dua belas model ARIMA yaitu Model ARIMA (0,1,1), (1,0,0), (1,0,1), (1,0,2), (1,0,3), (1,0,4), (0,0,5), (2,0,1), (2,0,2), (2,0,0), (2,0,5), dan (3,0,3). Model ARIMA yang paling dominan yaitu model ARIMA (1,0,2) dengan jumlah *event* sebanyak 30,67 %, model ARIMA (2,0,2) dengan jumlah *event* sebesar 20 %, model ARIMA (2,0,1) yaitu sebanyak 14,67 %, model ARIMA (1,0,3) sebesar 9,33%, model ARIMA (1,0,1) 6,67%, ARIMA(3,0,3) sebesar 5,33%, model ARIMA (0,1,1) 4%, ARIMA (1,0,0) 4%, (0,0,5), (2,0,0), (2,0,5), dan (1,0,4) masing-masing sebesar 1,33%. Dan hanya dua model yang paling mendekati dengan model pembangkitan yaitu model ARIMA (1,0,0) dan Model (1,0,2).

Dari seluruh model ARIMA yang diperoleh dipilih salah satu model ARIMA terbaik dengan mempertimbangkan kriteria AIC yang paling kecil. Model ARIMA terbaik yaitu model ARIMA (1,0,2).

Kata Kunci—Frekuensi tinggi (HF); *Maximum Usable Frequency* (MUF); Redaman kanal HF.

I. PENDAHULUAN

Pada eraglobalisasi saat ini teknologi telekomunikasi berkembang dengan sangat pesat. Sehingga sangat

memungkinkan meningkatnya kebutuhan terhadap kanal frekuensi yang baru. Sistem komunikasi radio HF mempunyai kelebihan dalam propagasi yaitu dapat menjangkau jarak lintasan yang jauh, mudah diimplementasikan dan lebih murah dibandingkan dengan sistem komunikasi satelit akan tetapi sistem komunikasi radio HF sangat dipengaruhi oleh bertambahnya lebar kanal dan frekuensi radio.

Salah satu jenis propagasi gelombang radio HF adalah gelombang langit (*sky wave*). Pada propagasi jenis ini sinyal dari pemancar dipantulkan oleh lapisan ionosfer sehingga dapat sampai pada penerima. Dengan daya pancar yang besar, sinyal pada lintasan terpantul antara ionosfer dan bumi dapat menjangkau jarak yang sangat jauh.

Propagasi HF sangat dipengaruhi oleh jarak antara pemancar dan penerima, frekuensi, waktu propagasi. Gelombang radio yang dipancarkan melewati garis khatulistiwa akan mengalami pemantulan dan pembelokan oleh lapisan ionosfer serta dapat menimbulkan *multipath fading* yang mengakibatkan lintasan propagasi *non Line of Sight* (NLOS) sehingga sinyal gelombang yang diterima pada penerima berubah terhadap waktu dan mengalami redaman.

Dalam beberapa dekade ini para peneliti telah banyak melakukan pemodelan terhadap kanal HF dengan berbagai macam model, umumnya pemodelan kanal statistik dirancang dan diterapkan dengan menggunakan simulator kanal. Salah satu model yang dapat diterapkan adalah dengan model ARIMA. Karena Model ARIMA memiliki karakteristik yang paling sesuai dengan karakteristik data yang didapat dari pengukuran redaman kanal HF yaitu *time series*.

Dengan pemodelan ARIMA, perlu dipertimbangkan sifat tak stasioner dalam dimensi waktu, agar didapat keakuratan yang tinggi, sehingga sangat cocok untuk data yang mempunyai sifat tak stasioner. Pemodelan ARIMA untuk kanal HF saat ini belum banyak diteliti, akan tetapi pemodelan ARIMA dalam bidang telekomunikasi lainnya sudah banyak sekali dilakukan. Diharapkan dari pemodelan ini dapat diperoleh model yang mampu menggambarkan karakteristik stokastik variasi kanal HF dan dapat digunakan dalam simulasi dan evaluasi sistem komunikasi HF.

Pemodelan kanal HF yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan data pengukuran kanal HF link Banda Aceh-Surabaya. Perhitungan data dalam bentuk domain waktu akan

dimodelkan dalam pemodelan runtun waktu dalam *univariate* yaitu model AR, model MA dan model ARIMA.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Propagasi Gelombang Radio

Pada komunikasi tanpa kabel, dibutuhkan adanya media transmisi yaitu gelombang radio. Gelombang radio akan melakukan propagasi untuk menstransmisikan suatu informasi. Propagasi gelombang radio di defenisikan sebagai perambatan gelombang radio di suatu medium (umumnya udara). Propagasi gelombang radio dapat dikatakan ideal jika gelombang yang dipancarkan oleh antenna pemancar diterima langsung oleh antenna penerima tanpa melalui suatu hambatan (*Line Of Sight / LOS*) yang dinamakan propagasi ruang bebas (*free space*) dimana propagasi ruang bebas digunakan untuk memperkirakan penguatan dari sinyal penerima.

B. Propagasi Gelombang HF

Pada frekuensi tinggi (HF), yang mempunyai range frekuensi 3 – 30 MHz, gelombang dapat dipropagasikan menempuh jarak yang jauh akibat dari pembiasan dan pemantulan lintasan pada lapisan ionosfer. Gelombang yang berpropagasi melalui lapisan ionosfir ini disebut sebagai gelombang ionosfir (*ionospheric wave*) atau juga disebut gelombang langit (*sky wave*).

Gelombang ionosfir terpancar dari antenna pemancar dengan suatu arah yang menghasilkan sudut tertentu dengan acuan permukaan bumi. Dalam perjalanannya, bisa melalui beberapa kali pantulan lapisan ionosfir dan permukaan bumi, sehingga jangkauannya bisa mencapai antar pulau, bahkan antar benua.

Ionosfir tersusun dari 3 (tiga) lapisan, mulai dari yang terbawah yang disebut dengan lapisan D, E dan F. Sedangkan lapisan F dibagi menjadi dua, yaitu lapisan F1 dan F2. Pada siang hari, radiasi dari matahari adalah maksimum, sedangkan di malam hari adalah minimum. Saat radiasi matahari tidak ada, banyak ion-ion yang bergabung kembali menjadi molekul-molekul. Keadaan ini menentukan posisi dan banyaknya lapisan dalam ionosfir. Karena posisi matahari berubah-ubah terhadap titik-titik tertentu di bumi, dimana perubahan itu bisa harian, bulanan, dan tahunan, maka karakteristik yang pasti dari lapisan-lapisan tersebut sulit untuk ditentukan/dipastikan.

Salah satu karakteristik propagasi gelombang radio adalah *attenuation* (redaman). Redaman merupakan selisih antara daya pancar dengan daya terima yang disebabkan karena perubahan kondisi kanal propagasi selama terjadinya komunikasi. Jika daya minimum yang bisa diterima penerima adalah P_R (watt) dan P_T (watt) adalah daya pancar serta L_s (dB) adalah jumlah rugi link radio HF *point to point* maka redaman total ada A_T (dB) dapat ditulis :

$$A_T = P_T - P_R - L_s \quad (1)$$

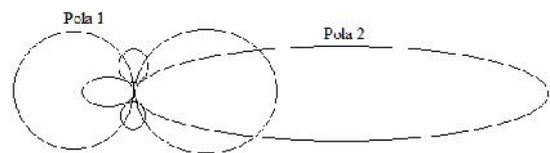
C. Teori Antena

Antena adalah suatu susunan konduktor yang didesain untuk meradiasikan atau menerima gelombang radio (gelombang elektromagnetik). Antena berfungsi untuk

mengubah arus listrik frekuensi radio menjadi gelombang elektromagnetik.

Pada dasarnya, hanya ada satu alasan untuk memilih antenna dengan benar, yaitu supaya sinyal merambat melalui lintasan yang diharapkan, dan sampai ke penerima dengan mode propagasi terbaik yang mungkin dilakukan. Pemilihan antenna bervariasi sesuai kebutuhan. Satu antenna mungkin ideal untuk satu kondisi tetapi hampir tidak mungkin digunakan untuk kondisi lainnya.

Antena dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu antenna omnidirectiona dan antenna directional. Untuk antenna omnidirectional pada umumnya mempunyai radiasi 360° sedangkan untuk antenna directional dapat diarahkan sesuai dengan keinginan. Pada gambar I dapat dilihat pola radiasi dari antenna *omnidirectional* (pola 1) dan pola radiasi dari antenna *directional* (pola 2).



Gambar I. Polaradiasi antena

D. Pemodelan ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average)

ARIMA sering disebut juga dengan metode runtun waktu Box-Jenkins. Model ARIMA adalah model yang secara penuh mengabaikan variabel independen dalam membuat peramalan. ARIMA menggunakan nilai masa lalu dan sekarang dari variabel dependen untuk menghasilkan peramalan jangka pendek yang akurat. ARIMA sesuai jika observasi dari deret waktu (*time series*) secara statistik berhubungan satu sama lain (*dependent*).

Pada pemodelan ARIMA, bagian penting yang harus dipenuhi adalah data harus terlebih dahulu stasioner terhadap *mean* dan *varians*. Apabila data belum stasioner terhadap *varians* maka perlu dilakukan transformasi. Salah satu transformasi yang dapat digunakan adalah transformasi Box-Cox. Jika data masih belum stasioner terhadap *mean*, maka dilakukan proses *differencing*. Yang dimaksud dengan *differencing* adalah menghitung perubahan atau selisih nilai observasi. Nilai selisih yang diperoleh dicek lagi apakah stasioner atau tidak. Jika belum stasioner maka dilakukan *differencing* lagi.

III. METODE PENELITIAN

Secara garis besar pemodelan ARIMA dapat dilihat pada diagram alir Gambar II.

A. Lokasi Pengukuran

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran kanal HF link Banda Aceh-Surabaya dengan jarak 2400 Km. Dimana posisi Transmitter berada di Kota Banda Aceh dengan Letak geografis adalah $05^\circ 16' 15''$ [Lintang Utara](#) dan $95^\circ 16' 15''$

Bujur Timur. Dan posisi Receiver berada di Kota Surabaya tepatnya di Gedung B Ruang B 401 lantai 4 Jurusan Teknik Elektro, FTI-ITS dengan letak geografis $7,25^0$ Lintang Barat dan $112,75^0$ Bujur Timur. Ilustrasi lokasi seperti ditunjukkan pada gambar III.



Gambar III. Lokasi Pengukuran Kanal HF

B. Frekuensi Pengukuran

Berdasarkan KEPUTUSAN KETUA UMUM ORARI Nomor : KEP-065/OP/KU/2009 tentang pembagian dan penggunaan segmen band frekuensi amatir radio (BANDPLAN) bahwa alokasi frekuensi yang diizinkan untuk radio amatir untuk tingkat penagak (YB) 20 m band adalah menggunakan band frekuensi 14,3 MHz. Frekuensi tersebut dipilih karena pada band frekuensi tersebut masih tersedia untuk pengukuran karakteristik kanal HF.

C. Penentuan Waktu Pengukuran

Propagasi Gelombang radio HF sangat dipengaruhi oleh kondisi waktu pada setiap hari. Propagasi gelombang radio HF akan berada antara waktu pagi, siang, sore dan malam. Oleh karena itu pengukuran dilakukan pada kondisi waktu yang berbeda yaitu pada waktu pagi, siang, sore dan malam.

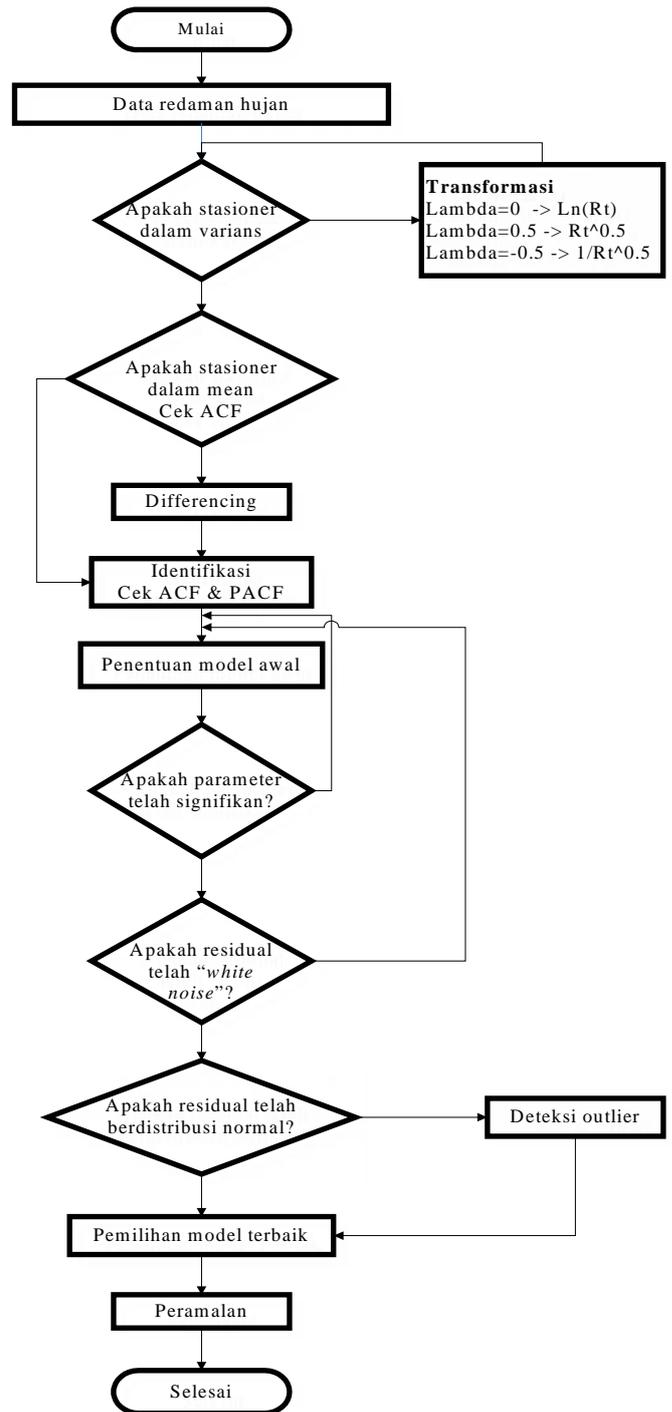
D. Pengukuran Sinyal Radio HF

Pengukuran dan pengambilan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah untuk dua lokasi. Pada Gambar 3.3 menjelaskan konfigurasi pengukuran dari pemancar dan penerima.

IV. PEMBAHASAN

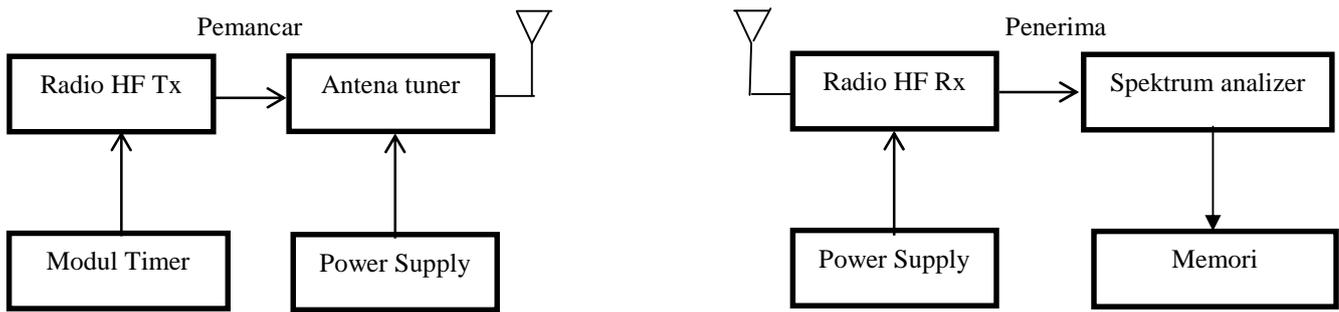
Dari hasil pengukuran propagasi melalui kanal frekuensi tinggi diperoleh data dalam bentuk level daya (dBm) kemudian dihitung redaman kanal HF (dB) setelah itu data redaman kanal HF tersebut diolah dengan *software* Minitab dan SAS.

Pada Gambar IV. dapat dilihat grafik histogram model-model ARIMA yang diperoleh dari hasil pengolahan data. Dari model-model tersebut terlihat bahwa model yang paling dominan adalah model ARIMA (1,0,2) dengan jumlah event sebanyak 30,67 %.



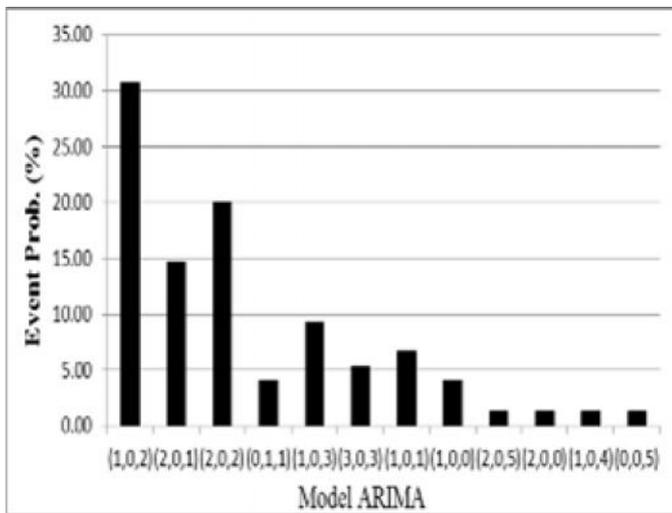
Gambar II. Diagram Alir Pemodelan ARIMA

Selanjutnya model ARIMA (2,0,2) dengan jumlah event 20%, model ARIMA (2,0,1) jumlah event 14,67%, model ARIMA (1,0,3) jumlah eventnya 9,33%, model ARIMA (1,0,1) jumlah eventnya 6,67%, model ARIMA (3,0,3) 5,33%, ARIMA (0,1,1) 4%, ARIMA (1,0,0) 4%, ARIMA(2,0,0) 1,33%, ARIMA(1,0,4) 1,33% dan ARIMA (0,0,5) 1,33%.

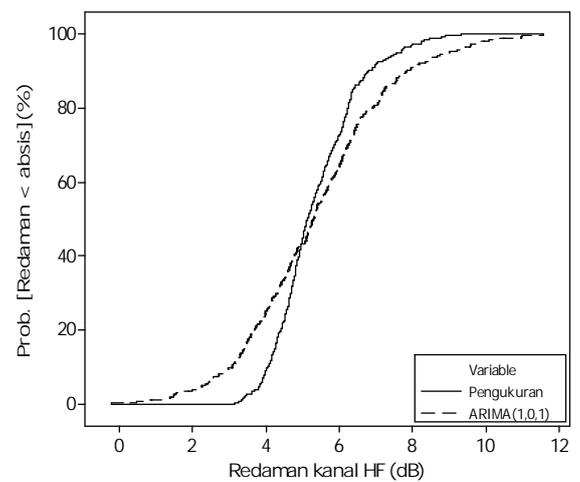


Gambar IV. Blok diagram konfigurasi pengukuran

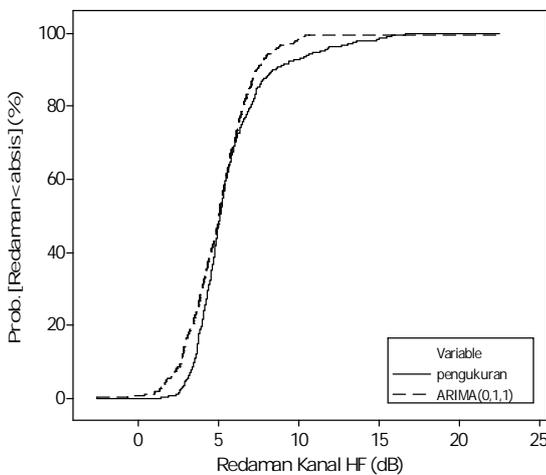
Proses validasi model ARIMA dilakukan dengan pembangkitan model. Pembangkitan ini dilakukan secara acak dengan menggunakan data pengukuran. Hasil pemodelan dan pembangkitan redaman kanal HF dengan ARIMA dapat dilihat pada Gambar VI.



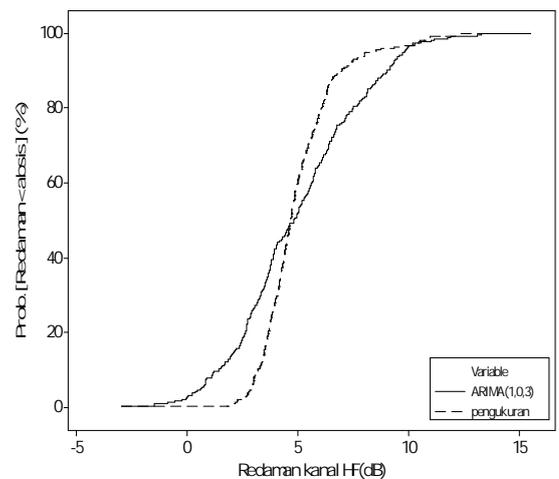
Gambar V. Grafik persentase Model ARIMA



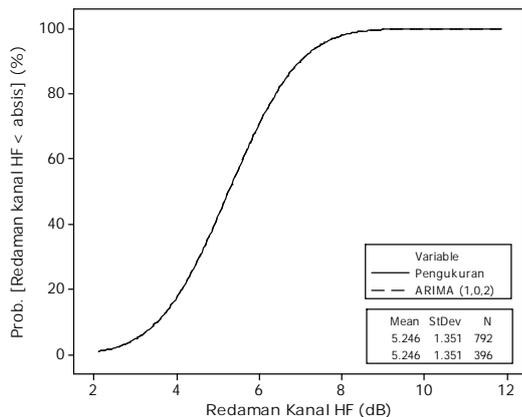
Gambar VII. Grafik ECDF ARIMA (1,0,1)



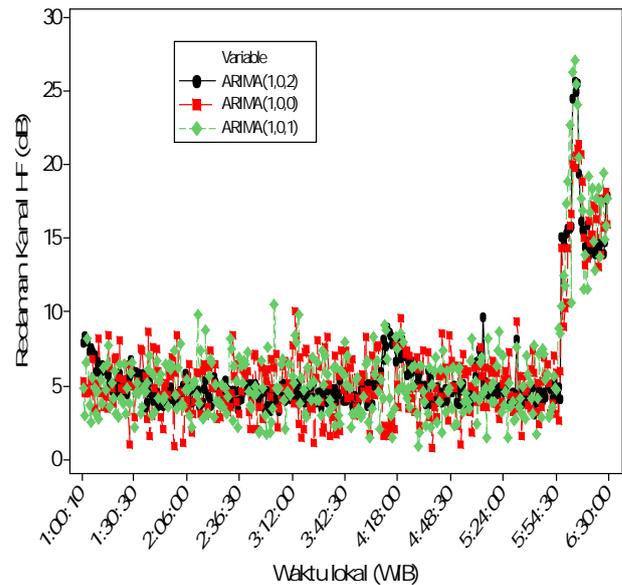
Gambar VI. Grafik ECDF ARIMA (0,1,1)



Gambar VIII. Grafik ECDF ARIMA (1,0,3)



Gambar IX. Grafik ECDF data pengukuran dengan pembangkitan Model ARIMA (1,0,2) dengan distribusi Normal.



Gambar X. Plot model-model ARIMA untuk pengukuran pagi

Model ARIMA terbaik yang telah diperoleh, dijadikan sebagai parameter dalam pembangkitan ARIMA. Parameter yang diperlukan dalam pembangkitan ARIMA adalah parameter AR, I, MA, dan residual.

Dari hasil pemodelan ARIMA tersebut diperoleh 12 model ARIMA yaitu model ARIMA (0,1,1), ARIMA (1,0,0), ARIMA (1,0,1), ARIMA (1,0,2), ARIMA (1,0,3), ARIMA (1,0,4), ARIMA (0,0,5), ARIMA (2,0,0), ARIMA (2,0,1), ARIMA (2,0,2), ARIMA (2,0,5), dan ARIMA (3,0,3). Dari 12 model ARIMA tersebut terdapat satu model yang paling mendekati dengan model hasil pengukuran yaitu model ARIMA (1,0,0) dan apabila digunakan distribusi normal terdapat dua model yang paling mendekati dengan model pengukuran yaitu model ARIMA (1,0,0) dan model ARIMA (2,0,1).

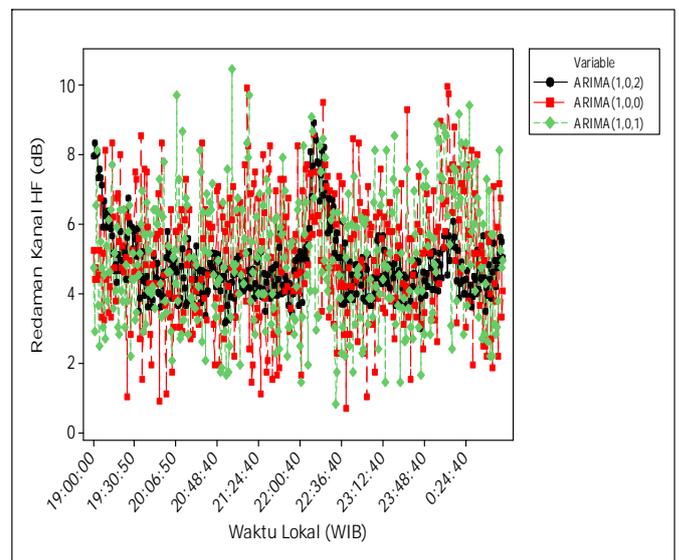
Pada Gambar VI, Gambar VII, Gambar VIII, Gambar IX, dan Gambar X, terlihat bahwa redaman hasil pembangkitan mempunyai pola distribusi yang mendekati distribusi redaman hasil pengukuran, terutama Gambar IX dimana redaman kanal HF hasil pembangkitan ARIMA sangat mendekati redaman kanal HF hasil pengukuran. Sedangkan Gambar VI, VII dan VIII diperoleh hasil pembangkitan ARIMA redaman kanal HF tidak terlalu mendekati dengan hasil pengukuran redaman kanal HF. Secara keseluruhan pada setiap *event* redaman kanal HF, nilai hasil pembangkitan redaman kanal HF sedikit lebih besar dari pada nilai hasil pengukuran redaman kanal HF.

Dari Gambar X terlihat bahwa pada pukul 06.30 WIB rata-rata redaman kanal HF tinggi yaitu mencapai 27 dB. Hal tersebut dipengaruhi oleh terbitnya matahari, sehingga sinyal HF akan mengalami penyerapan oleh lapisan D pada ionosfer dan sinyal HF akan mengalami pelemahan sehingga daya yang diterima pada penerima akan berkurang secara signifikan.

Sedangkan pada Gambar XI terlihat bahwa pada pukul 19.00-00.30 rata-rata redaman kanal HF hampir sama untuk setiap waktunya yaitu berkisar antara 4 dB - 6 dB.

Hal tersebut karena pada malam hari propagasi HF tidak dipengaruhi oleh radiasi matahari.

Pada TABEL I. dapat dilihat model-model ARIMA berdasarkan kriteria MSE. Model ARIMA terbaik dipilih adalah model ARIMA (1,0,2) dimana nilai MSEnya adalah yang paling kecil yaitu 0,2004 dengan jumlah *event* yang paling dominan yaitu sebesar 23 *event* (30,67%).



Gambar XI. Plot model-model ARIMA untuk pengukuran malam

TABEL I. Pemilihan model ARIMA terbaik dengan MSE

No.	Model ARIMA	MSE	Jumlah Event	Event Prob. (%)
1	(1,0,2)	0,2004	23	30,67
2	(2,0,1)	0,366	11	14,67
3	(2,0,2)	0,285	15	20,00
4	(0,1,1)	1,634	3	4,00
5	(1,0,3)	1,555	7	9,33
6	(3,0,3)	0,398	4	5,33
7	(1,0,1)	0,775	5	6,67
8	(1,0,0)	2,229	3	4,00
9	(2,0,5)	4,08	1	1,33
10	(2,0,0)	1,202	1	1,33
11	(1,0,4)	4,57	1	1,33
12	(0,0,5)	3,58	1	1,33

V. Kesimpulan

Dari hasil dan analisa data dapat ditarik kesimpulan adalah sebagai berikut :

1. Dari hasil pengukuran selama bulan Januari sampai dengan Maret 2013 terdapat dua belas model ARIMA akan tetapi hanya ada dua model yang paling mendekati dengan model ARIMA pengukuran yaitu model ARIMA (1,0,0) dan model ARIMA (1,0,2).
2. Redaman kanal HF sangat tinggi pada pukul 06.30 WIB yaitu mencapai 27 dB. Sedangkan pada pukul 19.00-00.30 redaman kanal HF rendah yaitu berkisar antara 4 - 6 dB. Hal tersebut karena pada saat menjelang matahari terbit, radiasi matahari dapat mengakibatkan pelemahan sinyal HF.
3. Dari hasil pemodelan diperoleh dua belas model ARIMA dengan probabilitas yang paling besar yaitu model ARIMA (1,0,2) 23 event (30,67%), kemudian model ARIMA (2,0,2) 15 event (20%), model ARIMA (2,0,1) 11 event (14,67%), model ARIMA (1,0,3) 7 event (9,33%), model ARIMA (1,0,1) 5 event (6,67%), model ARIMA (3,0,3) 4 event (5,33%), model ARIMA (0,1,1) dan (1,0,0) masing-masing 3 event (4%) dan yang terakhir model (1,0,4),(0,0,5),(2,0,0),(2,0,5) masing-masing 1 event (1,33%).
- 4.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S.G. Tayer and C. B. Erol. "Broadcast Analysis and Prediction in the HF Band,". IEEE Transaction on Broadcasting, Vol 44, No.2, pp. 226-232, June 1998.
- [2] D. Ariyus dan R. Andri. "Komunikasi Data,". Andi Yogya, STIMIK AMIKOM Yogyakarta, 2008.
- [3] K.S.B You, "Investigation on Fading of High Frequency Radio Signal Propagation in ionospher", School of Electrical and Electronic, the University of Adealaide, Australia.
- [4] S. A. Fechtel. "A Novel Approach to Modeling and Efficient Simulation of Frequency-Selective Fading Radio Channels". IEEE Journal on Selected Areas in Communications, VOL. 11, NO. 3, PP.422-431, APRIL, 1993.
- [5] C. A. Pantjaros, J. A. While, G.F. Gott, P.J. Laycock dan M. Broms. "European HF Occupancy experiment,".Nordic Shortwave Conference, 1995.
- [6] L. Ehrinan, J. F. Eschle, J. M. Kates, and L. B. Bates. "Real-Time Software Simulation of the HF Radio Channel". IEEE Transaction on Communication, Vol. 30, No.8, pp. 1809-1817, August, 1982.
- [7] Y. Shu, M. Yu, and L. Oliver. "Wireless Traffic Modeling and Prediction Using Seasonal ARIMA Models,". IEEE Transaction on Communication, pp. 1675- 1679, 2003.
- [8] A. Mauludiyanto, G. Hendrantoro, M. H. Purnomo, T. Ramadhany, and A. Matsushima. "ARIMA Modeling of Tropical Rain Attenuation on a Short 28-GHz Terrestrial Link", IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, Vol. 9, 2010.
- [9] A. Fauziah, "Pemodelan ARMA untuk Kanal HF Link Malang-Surabaya". Tesis, Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh November, Juli, 2010.
- [10] J.D. Parson, (1992), "The Mobile Radio Propagation Channel", John Wiley & Sons, Inc, New York-Toronto, Hal.17.
- [11] Australian Government, IPS Radio and space service," Introduction of HF Radio Propagation", <http://www.ips.gov.au>.
- [12] Keputusan Menteri Perhubungan Nomor : KM.5 Tahun 2001 Tentang Penyempurnaan Tabel Alokasi Spektrum Frekuensi Radio Indonesia G.F.
- [13] Kepdirjen Postel Nomor : 80/dirjen/1999 Tentang Persyaratan Teknis Perangkat Radio Amatir
- [14] J.R. Hallas,"Basic Antennas Understanding Practical Antennas and Desain." The ARRL Antennas Book USA, Feb 2007.
- [15] Gott, N.F. Wong dan Dutta."Occupancy measurement across the entire HF spectrum,". NATO AGARD Conference Proceedings,1982.
- [16] The ARRL Handbook Radio Communication," Eighty-fifth Edition, ARRL-the Association for Amateur Radio," CT 06111USA, 2008.
- [17] Wei, dan W.S William, "Time Series Analysis-Univariate and Multivariate Methods", Second Edition, Addison-Wesley Publishing Company, USA, 2005.