

KAJIAN AWAL EFISIENSI WAKTU SISTEM *AUTOMATIC LINK ESTABLISHMENT* (ALE) BERBASIS MANAJEMEN FREKUENSI

Varuliantor Dear

Peneliti Bidang Ionosfer dan Telekomunikasi, LAPAN
e-mail: varuliant@yahoo.com

RINGKASAN

Penggunaan sistem *Automatic Link Establishment* (ALE) merupakan salah satu solusi untuk mengatasi perubahan frekuensi kerja komunikasi radio *High Frequency* (HF) akibat dinamika lapisan ionosfer. Namun, proses penentuan frekuensi kerja dalam sistem ALE masih perlu ditingkatkan akibat banyaknya frekuensi yang diuji setiap waktunya. Dengan mengkombinasikan sistem ALE dan manajemen frekuensi, efisiensi waktu proses yang diperoleh menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan terhadap waktu proses yang dilakukan dalam sistem ALE konvensional. Dari hasil simulasi yang dilakukan untuk sirkuit komunikasi Bandung-Pameungpeuk pada bulan Maret 2011, perbedaan waktu proses yang diperoleh untuk menentukan frekuensi kerja radio komunikasi HF mencapai 1,6-1,8 detik pada pukul 00 hingga 06 WIB. Sedangkan pada pukul 07 hingga 23 WIB perbedaan waktu yang diperoleh berkisar antara 1,2-1,4 detik. Berdasarkan hasil tersebut, sistem ALE berbasis manajemen frekuensi dapat meningkatkan efisiensi waktu proses penentuan frekuensi kerja yang dapat digunakan.

1 PENDAHULUAN

Sistem *Automatic Link Establishment* (ALE) merupakan sistem yang digunakan untuk mempermudah operator komunikasi radio *High Frequency* (HF) dalam menentukan frekuensi kerja yang akan digunakan secara cepat. Pemilihan frekuensi dilakukan berdasarkan hasil proses analisa kualitas sinyal yang dilihat dari nilai *Bit Error Rate* (BER) dan perbandingan kuat sinyal terhadap *noise* (SN) dari tiap-tiap frekuensi yang diuji. Dengan mengelompokkan frekuensi kerja berdasarkan kualitas sinyal atau catatan dari keberhasilan hubungan komunikasi yang telah dilakukan, sistem ALE secara otomatis melakukan proses penentuan frekuensi kerja yang dapat digunakan dengan menguji semua frekuensi yang ada didalam kelompok frekuensi tersebut.

Kondisi lapisan ionosfer yang dinamis merupakan salah satu alasan munculnya sistem ALE. Keberhasilan komunikasi radio HF, khususnya propagasi angkasa (*skywave*), sangat bergantung pada kondisi lapisan

ionosfer. Parameter kondisi lapisan ionosfer, yakni frekuensi kritis (f_oF_2) dan frekuensi minimum (f_{min}) merupakan salah satu batasan yang menentukan keberhasilan komunikasi radio (Dear, 2009). Nilai parameter-parameter tersebut dapat digunakan sebagai rujukan penentuan frekuensi komunikasi radio yang dapat digunakan atau waktu untuk melakukan komunikasi. Penentuan frekuensi kerja maupun waktu komunikasi yang dilakukan dengan memperhatikan kondisi lapisan ionosfer yang kemudian diolah sebagai prediksi frekuensi disebut sebagai manajemen frekuensi.

Sistem ALE merupakan pengembangan perangkat untuk meningkatkan keberhasilan suatu kanal frekuensi. Pada kenyataannya sistem ini masih bersifat mandiri dalam menentukan frekuensi kerja yang diuji cobakan, sehingga sistem ini juga dianggap masih memiliki keterbatasan. Keterbatasan tersebut dikemukakan dalam buku panduan ALE untuk komunikasi militer dengan salah satu solusinya adalah

diperlukannya proses kombinasi manajemen frekuensi dengan sistem ALE (*United Stated Army*, 2003). Dengan kombinasi tersebut, sistem ALE diasumsikan dapat lebih optimal akibat meningkatnya efektifitas waktu proses penentuan frekuensi kerja yang dilakukan. Pada makalah ini dibahas perbandingan antara sistem ALE konvensional dengan sistem ALE yang dipadukan dengan manajemen frekuensi. Penelitian dilakukan untuk mengetahui selisih waktu proses yang diperlukan dalam sistem ALE berbasis manajemen prediksi frekuensi dengan sistem ALE konvensional. Dengan diperolehnya selisih waktu proses tersebut, maka dapat diketahui efisiensi waktu proses sistem ALE berbasis manajemen frekuensi.

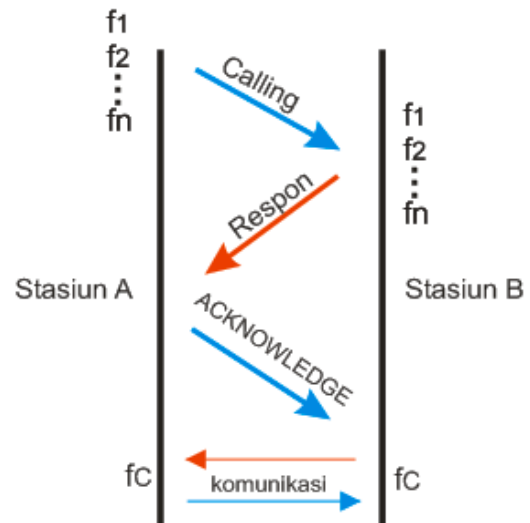
2 LANDASAN TEORI

2.1 Mekanisme Penentuan Frekuensi Kerja dalam Sistem ALE

Mekanisme dalam sistem ALE untuk melakukan komunikasi dengan stasiun yang dituju atau dikehendaki disajikan pada Gambar 2-1. Untuk memulai komunikasi, stasiun inisiator melakukan pemanggilan sesuai dengan identitas stasiun yang dituju menggunakan frekuensi f_1, f_2, \dots, f_n yang telah ditetapkan atau dimiliki. Apabila stasiun yang dituju menerima sinyal tersebut, maka sinyal respon yang berisi identitas stasiun akan dikirimkan melalui frekuensi yang sama (f_c). Setelah menerima sinyal respon dari stasiun yang dituju, sinyal balasan (*acknowledgment*) dikirimkan sebagai isyarat untuk memulai komunikasi. Setelah sinyal balasan *acknowledgment* diterima, maka komunikasi antara kedua stasiun tersebut dapat dilaksanakan.

Dalam sistem ALE tiap-tiap stasiun selalu dalam kondisi siaga (*standby*) atau kondisi memanggil (*calling*). Dalam kondisi *standby*, radio melakukan proses *scanning* untuk memeriksa sinyal panggilan dari frekuensi-frekuensi yang

dimiliki atau digunakan. Proses *scanning* tersebut memiliki durasi waktu antara 0,2 hingga 0,5 detik per satu frekuensi. Apabila saat proses *scanning* diterima sinyal panggil yang ditujukan kepada stasiun tersebut, maka sinyal respon akan dikirimkan melalui frekuensi yang sama dan bersamaan dengan proses menunggu sinyal *acknowledgment* dari stasiun pemanggil.



Gambar 2-1: Proses *handshaking* dalam sistem ALE

Keterangan:

f_1, f_2, \dots, f_n : Frekuensi uji
 f_c = frekuensi komunikasi

Dalam proses pemanggilan (*calling*), pemilihan frekuensi yang hendak digunakan tidak bersifat acak. Pemilihan frekuensi dilakukan berdasarkan hasil analisis kualitas sinyal dari tiap-tiap frekuensi yang ada. Proses analisis kualitas sinyal tersebut dikenal sebagai algoritma *Link Quality Analyze* (LQA). Frekuensi dengan kualitas terbaik akan digunakan terlebih dahulu untuk memanggil stasiun yang dituju. Apabila tidak diperoleh respon dari stasiun yang dituju pada frekuensi tersebut, maka frekuensi terbaik berikutnya digunakan untuk memanggil stasiun yang dituju. Proses pemilihan frekuensi untuk memanggil stasiun yang dituju terus dilakukan hingga diperoleh sinyal respon. Apabila semua frekuensi telah

digunakan untuk memanggil stasiun yang dituju, namun tidak diperoleh sinyal respon, maka sistem ALE akan memberi tahu operator bahwa komunikasi tidak dapat dilakukan. Operator dapat melakukan cara lain seperti memanfaatkan stasiun *relay* atau jaringan bersama (*Net*) agar informasi yang ingin disampaikan dapat diterima stasiun lawan (*United Stated Army*, 2003).

Urutan frekuensi berdasarkan kualitas sinyal dengan algoritma LQA dibuat dalam bentuk tabel. Contoh tabel LQA disajikan pada Tabel 2-1. Kolom *address* merupakan kolom yang berisikan identitas masing-masing stasiun. Kolom *channels* merupakan kolom frekuensi atau kanal yang tersedia yang berisi nilai kualitas sinyal dari frekuensi yang dapat digunakan untuk menghubungi stasiun-stasiun tersebut. Sebagai contoh; untuk berkomunikasi dengan stasiun ALPHA2, tersedia 4 kanal yang dapat digunakan, yakni; kanal 1, 3, 4, dan 5. Sedangkan untuk urutan frekuensi yang digunakan dalam penentuan frekuensi kerja yang hendak digunakan untuk berkomunikasi akan dimulai dari kanal 4, 3, 5, dan 1.

Tabel 2-1: HASIL DARI LQA SISTEM ALE

Address	Channels				
	01	02	03	04	05
ALPHA 1	60	33	12	81	23
ALPHA 2	10	--	48	86	21
ALPHA 3	--	--	29	52	63

Efisiensi waktu proses untuk menentukan frekuensi terbaik sangat dipengaruhi oleh durasi waktu *scanning* stasiun yang dipanggil. Hal ini dikarenakan saat melakukan pemanggilan, waktu untuk menunggu sinyal respon dari stasiun yang dituju per-frekuensi dapat diatur secara bebas dengan pengaturan nilai minimum 1 detik. Namun, untuk proses *scanning*, durasi ditentukan oleh jumlah frekuensi yang diuji serta durasi waktu pemeriksaan sinyal panggilan untuk setiap frekuensi. Umumnya dalam sistem ALE, selama 1

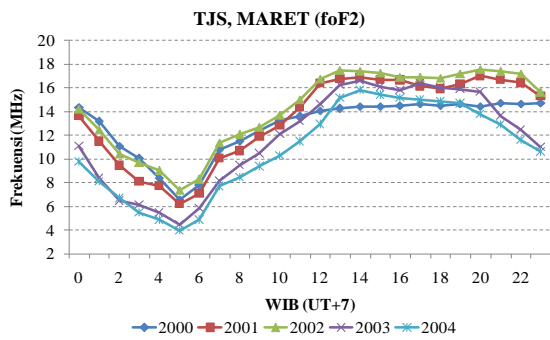
detik banyaknya frekuensi yang dipantau adalah antara 2 hingga 5 frekuensi. Akibatnya durasi waktu per 1 frekuensi antara 0,2 detik hingga 0,5 detik (Hflink¹, 2010). Dengan sistem ini, dapat diartikan bahwa semakin banyak frekuensi yang diatur atau dimasukkan ke dalam sistem tersebut, akan berdampak pada pe-ningkatan lamanya waktu penentuan frekuensi kerja yang dapat digunakan.

2.2 Variasi Lapisan Ionosfer dan Manajemen Frekuensi

Keberhasilan komunikasi radio HF khususnya propagasi angkasa, dipengaruhi oleh kondisi lapisan ionosfer. Kondisi lapisan ionosfer yang dinamis menyebabkan keberhasilan komunikasi radio HF perlu dikelola dalam bentuk manajemen frekuensi (McNamara, 1991). Dalam manajemen frekuensi, penggunaan komunikasi radio diatur berdasarkan waktu operasional radio yang disesuaikan dengan frekuensi kerja yang digunakan. Hal ini dikarenakan satu frekuensi yang digunakan terus menerus tidak selalu dapat dipantulkan oleh lapisan ionosfer.

Parameter lapisan ionosfer yang dapat digunakan untuk mengetahui pemantulan yang mungkin terjadi adalah nilai frekuensi terendah (f_{min}) dan frekuensi tertinggi lapisan F2 ionosfer (f_oF2). Dengan menggunakan formula *secant*, parameter ionosfer tersebut dapat digunakan untuk menghitung batas terendah dan tertinggi frekuensi yang dapat dipantulkan pada suatu sirkuit komunikasi (Suhartini, 2006).

Kendatipun kondisi lapisan ionosfer sangat dinamis, parameter lapisan ionosfer yang mempengaruhi keberhasilan pemantulan memiliki pola yang tetap berdasarkan waktu. Pola tersebut dikenal sebagai variasi lapisan ionosfer yang meliputi variasi harian, musiman, lokasi, dan siklus Matahari (McNamara, 1991). Gambar 2-2 di bawah ini merupakan contoh grafik variasi harian lapisan ionosfer.



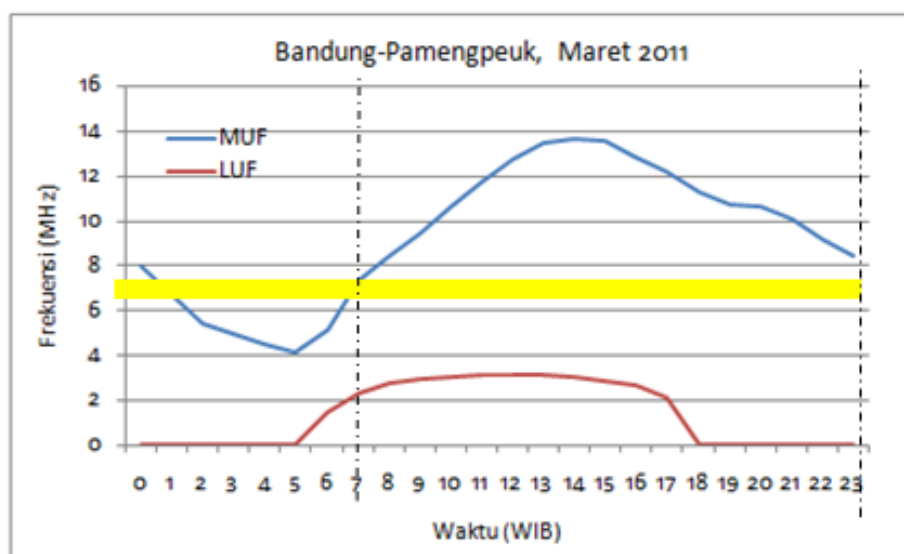
Gambar 2-2: Variasi harian lapisan ionosfer (Jiyo, 2011)

Pada Gambar 2-2 ditunjukkan pola atau variasi harian parameter lapisan ionosfer. Gambar tersebut menunjukkan bahwa frekuensi tertinggi (foF2) yang dapat dipantulkan oleh lapisan ionosfer berbeda tiap jamnya. Pola lapisan ionosfer memiliki pola seperti huruf S setiap harinya. Pukul 00-06 LST, frekuensi tertinggi yang dapat dipantulkan lapisan ionosfer semakin menurun. Namun, pada pukul 07-12 LST, frekuensi tertinggi yang dapat dipantulkan oleh lapisan ionosfer mulai meningkat. Sedangkan pada pukul 13 – 23 LST terlihat bahwa nilai frekuensi tertinggi yang dapat dipantulkan oleh lapisan ionosfer cenderung stabil.

Dengan kondisi lapisan ionosfer yang memiliki variasi terhadap waktu tersebut, manajemen frekuensi menjadi salah satu solusi untuk menjamin keberhasilan komunikasi yang dilakukan

(McNamara, 1991). Dengan keterbatasan frekuensi yang diizinkan, maka komunikasi yang dilakukan didasari pada waktu untuk berkomunikasi. Waktu komunikasi merupakan waktu dimana frekuensi kerja yang dimiliki berada diantara nilai tertinggi dan terendah dari frekuensi yang dapat dipantulkan. Pada Gambar 2-3 disajikan contoh hasil manajemen frekuensi yang dilakukan untuk sirkit Bandung-Pameungpeuk pada bulan Maret 2011.

Pada Gambar 2-3 garis *Maximum Usable Frequency* (MUF) adalah batas tertinggi frekuensi yang dapat dipantulkan oleh lapisan ionosfer. Sedangkan garis *Lowest Usable Frequency* (LUF) merupakan batas terendah frekuensi yang dapat dipantulkan oleh lapisan ionosfer. Garis arsir berwarna kuning menunjukkan frekuensi kerja yang dimiliki. Sedangkan garis putus-putus menunjukkan waktu komunikasi yang diperoleh berdasarkan prediksi frekuensi yang dihasilkan untuk sirkit Bandung-Pameungpeuk. Dengan frekuensi kerja 7 MHz, waktu komunikasi untuk sirkit tersebut adalah antara pukul 07.00 WIB hingga 23.00 WIB. Keberhasilan komunikasi yang dilakukan pada periode waktu tersebut memiliki nilai yang lebih tinggi. Hal ini juga telah dibuktikan berdasarkan penelitian yang dilakukan (Perwitasari, 2010).



Gambar 2-3: Manajemen frekuensi pada frekuensi 7 MHz

3 DATA DAN METODOLOGI

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data hasil olah durasi *scanning* dari kelompok frekuensi yang dialokasikan dalam sistem ALE untuk lingkup radio amatir dalam spektrum HF. Frekuensi tersebut adalah: 3,5 MHz; 7,1 MHz; 10,1 MHz; 14,1 MHz; 18,1 MHz; 21,09 MHz; 24,9 MHz; dan 28,1 MHz (HfLink, 2010). Durasi waktu *scanning* yang digunakan untuk perhitungan setiap 1 frekuensi adalah 200 mili detik (HfLink, 2010).

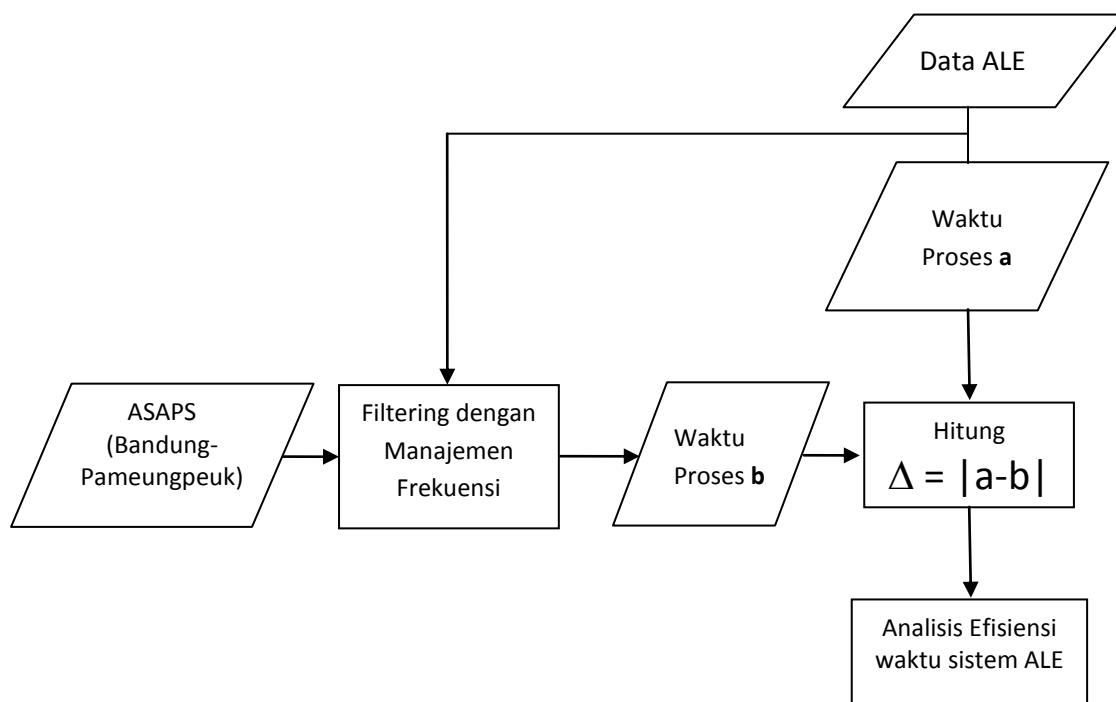
Untuk memperoleh nilai frekuensi sistem ALE berbasis manajemen frekuensi digunakan *software* prediksi frekuensi *Advanced Stand Alone Prediction* (ASAPS) yang merupakan keluaran dari IPS Australia. Sirkuit yang digunakan merupakan sirkuit Bandung-Pameungpeuk untuk waktu komunikasi bulan Maret 2011. Hasil prediksi menggunakan ASAPS yang diperoleh kemudian difilter untuk menghasilkan frekuensi yang dapat digunakan dalam sistem ALE. Proses *filtering* yang dilakukan merupakan proses manajemen frekuensi dengan cara menggunakan batas frekuensi terendah dan tertinggi yang dicocokkan

dari alokasi frekuensi yang tersedia dalam sistem ALE.

Dari kedua informasi tersebut, dilakukan perhitungan waktu *scanning* dalam setiap jam untuk satu hari. Durasi waktu yang diperoleh digunakan untuk melihat selisih waktu dalam satu hari. Dengan diperolehnya perbandingan durasi waktu dari kedua sistem tersebut dapat diperoleh informasi tentang kinerja sistem ALE berbasis manajemen frekuensi. Secara garis besar langkah-langkah yang dilakukan dalam kegiatan penelitian ini disajikan pada diagram alur 3-1.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Frekuensi kerja hasil prediksi ASAPS untuk sirkuit komunikasi Bandung-Pameungpeuk ditunjukkan pada Tabel 4-1(a). Sedangkan pada Tabel 4-1(b) ditunjukkan frekuensi kerja sistem ALE yang telah dikombinasikan dengan manajemen frekuensi dari Tabel 4-1(a). Dari kedua hasil tersebut dapat diperoleh perbandingan banyaknya frekuensi yang dapat diuji setiap jamnya saat hendak melakukan komunikasi.



Gambar 3-1: Diagram alur analisis efisiensi waktu sistem ALE berbasis manajemen frekuensi

Tabel 4-1: FREKUENSI KERJA YANG DAPAT DIGUNAKAN BERDASARKAN HASIL PREDIKSI ASAPS, DAN SISTEM ALE BERBASIS MANAJEMEN FREKUENSI

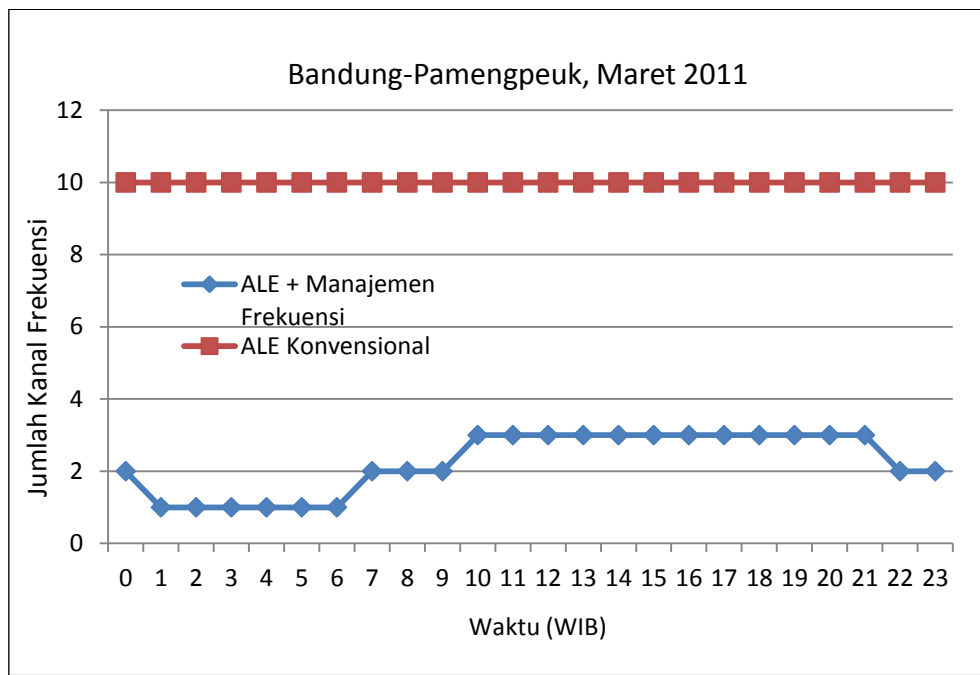
Waktu (WIB)	ASAPS (MHz)	ALE Manajemen Frekuensi (MHz)
0	1,0-7,9	3,5; 7,1
1	1,0-6,7	3,5; 7,1
2	1,0-5,4	3,5
3	1,0-4,9	3,5
4	1,0-4,5	3,5
5	1,0-4,1	3,5
6	1,5-5,1	3,5
7	2,3-7,3	3,5; 7,1
8	2,7-8,4	3,5; 7,1
9	2,9-9,4	3,5; 7,1
10	3,0-10,6	3,5; 7,1; 10,1
11	3,1-11,7	3,5; 7,1; 10,1
12	3,1-12,7	3,5; 7,1; 10,1
13	3,1-13,4	3,5; 7,1; 10,1
14	3,0-13,6	3,5; 7,1; 10,1
15	2,8-13,5	3,5; 7,1; 10,1
16	2,6-12,8	3,5; 7,1; 10,1
17	2,1-12,1	3,5; 7,1; 10,1
18	1,0-11,2	3,5; 7,1; 10,1
19	1,0-10,7	3,5; 7,1; 10,1
20	1,0-10,6	3,5; 7,1; 10,1
21	1,0-10,0	3,5; 7,1; 10,1
22	1,0-9,1	3,5; 7,1
23	1,0-8,4	3,5; 7,1

Pada Gambar 4-1 disajikan perbandingan antara jumlah kanal frekuensi ALE dan jumlah kanal frekuensi sistem ALE yang dikombinasikan dengan manajemen frekuensi untuk sirkuit Bandung dan Pameungpeuk. Dari grafik tersebut, terlihat perbedaan jumlah kanal frekuensi yang dapat diujikan dalam satu hari. Jumlah kanal frekuensi yang diujikan setiap jamnya dalam sistem ALE konvensional akan bernilai tetap yakni 10 kanal frekuensi. Berbeda dengan jumlah frekuensi dalam sistem ALE berbasis manajemen frekuensi, jumlah kanal frekuensi yang diujikan untuk melakukan komunikasi setiap jamnya akan berubah-ubah mengikuti variasi lapisan ionosfer.

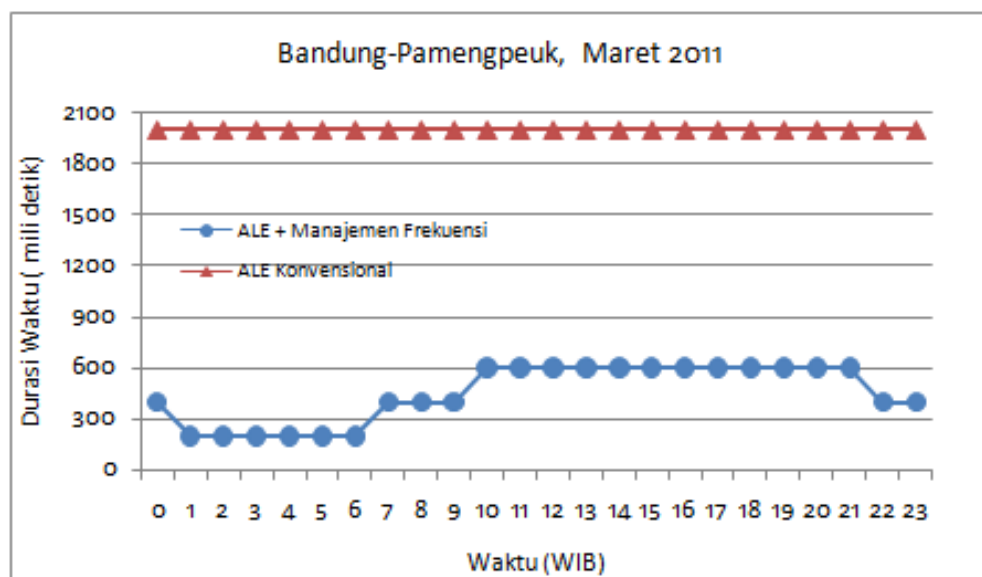
Jumlah kanal frekuensi yang diuji untuk melakukan komunikasi akan menentukan durasi waktu untuk memulai komunikasi (*handshaking*) antara dua stasiun. Dengan periode waktu *scanning* yang umumnya 0,2 detik per satu frekuensi, sistem ALE konvensional akan memerlukan waktu maksimum untuk mulai berkomunikasi mencapai 2 detik. Hal ini sangat berbeda dengan

hasil waktu sistem ALE berbasis manajemen frekuensi yang hanya dapat mencapai waktu maksimum 0,6 detik. Pada Gambar 4-2 disajikan perbedaan waktu maksimum yang diperlukan dari sistem ALE konvensional dan sistem ALE berbasis manajemen frekuensi. Pada Gambar 4-2 terlihat pola durasi waktu maksimum yang diperlukan untuk memulai komunikasi pada sistem ALE berbasis manajemen frekuensi dalam satu hari. Pola yang ditunjukkan memiliki pola yang serupa dengan variasi harian ionosfer. Pada dini hari, yakni antara pukul 00-06 WIB, waktu maksimum yang diperlukan untuk memulai komunikasi berkisar antara 0,2 detik hingga 0,4 detik. Pada pukul 07.00 hingga pukul 10.00 WIB, durasi waktu yang diperlukan mencapai 0,4 detik. Pada pukul 11.00 hingga pukul 21.00 WIB, durasi waktu maksimum mulai meningkat naik hingga mencapai 0,6 detik. Sedangkan antara pukul 21.00 hingga 23.00 WIB, durasi waktu yang diperlukan untuk komunikasi mulai kembali turun mencapai 0,4 detik. Fluktuasi durasi waktu maksimum yang diperlukan tersebut sesuai dengan proses pembentukan lapisan ionosfer dalam satu hari dengan nilai maksimum yang terjadi di siang hari atau yang dikenal dengan sebutan variasi harian (Mc Namara, 1991).

Pada Tabel 4-3 disajikan efisiensi waktu yang diperoleh dalam sistem ALE berbasis manajemen frekuensi dibandingkan dengan sistem ALE konvensional. Dari hasil tersebut terlihat bahwa sistem ALE berbasis manajemen frekuensi memiliki performa yang lebih baik untuk tiap jam-nya. Hal ini dikarenakan dalam sistem ALE berbasis manajemen frekuensi, uji coba hanya dilakukan untuk frekuensi kerja yang memiliki peluang setiap jamnya berdasarkan hasil prediksi. Frekuensi yang tidak memiliki peluang untuk digunakan tidak di uji-cobakan sehingga proses pencarian frekuensi kerja untuk komunikasi lebih efektif dan efisien.



Gambar 4-1: Perbandingan jumlah kanal frekuensi ALE konvensional dengan sistem ALE berbasis manajemen frekuensi



Gambar 4-2: Durasi waktu maksimum per jam untuk memulai komunikasi dalam satu hari

Tabel 4-3: EFISIENSI WAKTU DALAM SISTEM ALE BERBASIS MANAJEMEN FREKUENSI

Kelompok Waktu	Durasi (detik)	Perbedaan Waktu (detik)
00-06	0,2-0,4	1,6-1,8
07-10	0,4-0,6	1,2-1,4
11-23	0,4-0,6	1,2-1,4

Dalam sistem ALE berbasis manajemen frekuensi, pengujian frekuensi kerja yang berada di luar ambang batas nilai *Maximum Usable Frequency* (MUF) dan *Lowest Usable Frequency* (LUF) tidak dilakukan. Keputusan untuk tidak menguji frekuensi yang berada di luar batas nilai LUF dan MUF dilatar belakangi bahwa pada saat kondisi normal, lapisan ionosfer tidak dapat memantulkan semua frekuensi yang ada. Frekuensi yang dianggap dapat dipantulkan adalah frekuensi yang berada di antara nilai MUF dan LUF sehingga nilai frekuensi lainnya tidak perlu diuji.

6 PENUTUP

Perbandingan waktu persiapan antara sistem ALE konvensional dengan Sistem ALE berbasis manajemen frekuensi memiliki nilai yang cukup signifikan. Pada sistem ALE konvensional, waktu yang diperlukan untuk memulai komunikasi memiliki nilai yang tetap setiap jam-nya. Sedangkan waktu yang diperlukan dalam sistem ALE berbasis manajemen frekuensi memiliki nilai yang bervariasi. Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan untuk sirkuit komunikasi Bandung-Pameungpeuk, antara pukul 00.00 WIB hingga 06.00 WIB waktu yang diperlukan dalam sistem ALE berbasis manajemen frekuensi lebih cepat antara 1,6-1,8 detik dari sistem ALE konvensional. Sedangkan pada pukul 07.00-23.00 WIB pengurangan waktu yang dicapai berkisar antara 1,2 - 1,4 detik. Perbedaan waktu tersebut karena sistem ALE berbasis manajemen frekuensi hanya menguji cobakan frekuensi yang memiliki kemungkinan dapat dipantulkan oleh lapisan ionosfer. Frekuensi-frekuensi yang tidak memiliki peluang untuk dapat dipantulkan tidak diuji cobakan sehingga berdampak pada berkurangnya waktu proses pencarian

frekuensi kerja yang dapat digunakan. Berdasarkan hal tersebut, maka sistem ALE berbasis manajemen frekuensi memiliki tingkat efisiensi yang lebih tinggi dari sistem ALE konvensional.

DAFTAR RUJUKAN

- Dear, V., 2009. *Pengaruh Perubahan Ketinggian (h') dan Frekuensi Kritis Lapisan Ionosfer (f_o) terhadap Besarnya Frekuensi Kerja Maksimum (MUF) Sirkuit Komunikasi Radio HF*, Prosiding Seminar Sains Antariksa IV. April 2009. Hal. 132-137. ISBN: 978-979-1458-23-8.
- Hflink¹, 2010. *ALE Channel Frequency List*, <http://hfink.com/channels/>. akses april 2011.
- Hflink², 2010, *ALE Handbook for Government Chapter 3*. [http:// hfink.com/standards/download](http://hfink.com/standards/download) April 2011.
- Jiyo, 2010. *Riset Ionosfer dan Pemanfaatannya*, Materi Pelatihan Manajemen Frekuensi dan Teknis Komunikasi Radio Tingkat Lanjut Tahun 2011. Juni 2011.
- McNamara, L.F., 1991. *The Ionosphere: Communications, Surveillance, and Direction Finding*, Krieger Publishing Company.
- Perwitasari S., 2010. *Analisa Propagasi Gelombang Radio Sirkuit Bandung-Pameungpeuk Frekuensi 7200 KHz*. Dalam proses publikasi Berita Dirgantara.
- Suhartini S., 2006. *Prediksi dan Manajemen Frekuensi Komunikasi Radio HF*, Publikasi ilmiah LAPAN, ISBN 978-979-1458-00-99.
- United States Army, 2003. *HF-ALE; Multi-Service Procedures for High Frequency - Automatic Link Establishment (HF-ALE) Radios*. Chief of Staff United States Army.