

HASIL AWAL UJI VERIFIKASI INDEKS T REGIONAL MENGUNAKAN JARINGAN STASIUN *AUTOMATIC LINK ESTABLISHMENT (ALE)*

Varullantor Dear

Peneliti Bidang ionosfer dan Telekomunikasi, Pusat Sains Antariksa, LAPAN
e-mail: varuliant@yahoo.com

RINGKASAN

Verifikasi Indeks T regional Indonesia dapat dilakukan dengan menggunakan jaringan stasiun radio sistem *Automatic Link Establishment (ALE)*. Berdasarkan kajian awal yang dilakukan, proses verifikasi dapat menunjukkan persentase kesesuaian maupun ketidak-sesuaian antara data hasil prediksi frekuensi dengan modus data uji komunikasi radio. Dari perbandingan yang dilakukan dengan menggunakan 3 sirkuit komunikasi pada bulan Maret dan April 2012, diperoleh persentase kesesuaian antara data hasil prediksi dengan uji komunikasi yang berada pada rentang 76,1 – 92,6%. Sedangkan ketidak-sesuaian antara hasil prediksi dengan uji komunikasi yang diperoleh berada pada rentang 7,4 - 23,9%. Berdasarkan analisis dari besarnya persentase ketidak-sesuaian tersebut diketahui bahwa salah satu faktor penyebab tidak sesuainya data disebabkan oleh adanya lapisan E sporadis (Es) yang tidak termasuk dalam perhitungan prediksi yang dilakukan. Tidak tercakupnya kemunculan lapisan Es pada perhitungan prediksi frekuensi oleh software ASAPS dapat dicatat sebagai faktor yang perlu diperhitungkan dalam menentukan persentase dari ketidak-sesuaian data yang diperoleh. Dengan hasil kajian awal ini, verifikasi indeks T regional dengan data uji komunikasi radio dapat dinyatakan layak untuk dilakukan.

1 PENDAHULUAN

Indeks T merupakan salah satu parameter masukan yang mewakili kondisi ionosfer yang digunakan dalam perhitungan prediksi frekuensi komunikasi radio HF (3-30 MHz) menggunakan software *Advance Stand Alone Prediction System (ASAPS)* (Thompson, 2011). Dari hasil perhitungan prediksi frekuensi tersebut, dihasilkan informasi rentang frekuensi kerja yang dapat digunakan pada suatu sirkuit komunikasi radio setiap waktunya. Apabila nilai indeks T yang digunakan tidak sesuai, maka hasil perhitungan prediksi frekuensi juga tidak akan sesuai pada saat komunikasi dilakukan.

Model perhitungan indeks T regional Indonesia telah dihasilkan pada penelitian tahun 2011. Dari model tersebut dapat diperoleh nilai indeks T setiap bulannya yang kemudian diguna-

kan dalam perhitungan prediksi frekuensi menggunakan software ASAPS. Untuk mengetahui kesesuaiannya dengan kondisi ionosfer regional Indonesia, perhitungan indeks T regional telah diverifikasi dengan menggunakan metode uji komparabilitas (Suhartini, 2012) dan uji sebaran (Dear, 2012). Namun, verifikasi Indeks T dengan menggunakan perbandingan data hasil prediksi frekuensi dengan data uji komunikasi radio belum dilakukan. Hal ini diperlukan sebagai salah satu cara untuk mengetahui tingkat kesesuaian dari implementasi yang hasil perhitungan indeks T ke dalam software ASAPS.

Pada makalah ini disajikan tentang hasil awal verifikasi indeks T regional Indonesia dengan menggunakan data hasil uji komunikasi radio stasiun ALE. Kajian yang dilakukan membahas hasil perbandingan data antara hasil prediksi dengan hasil uji komunikasi yang

diperoleh beserta metode yang digunakan. Dengan kajian tersebut, proses kegiatan verifikasi indeks T regional Indonesia dengan menggunakan data uji komunikasi radio sistem ALE, kelayakannya dapat dijadikan sebagai rujukan atau catatan dalam kegiatan verifikasi berikutnya.

2 PEMANFAATAN INDEKS T DALAM PERHITUNGAN PREDIKSI FREKUENSI SOFTWARE ASAPS

Perhitungan prediksi frekuensi komunikasi radio HF dengan software ASAPS memerlukan beberapa parameter masukan yang berupa lokasi stasiun pemancar, lokasi stasiun penerima, tanggal perencanaan komunikasi, dan parameter yang mewakili kondisi lapisan ionosfer. Ke-empat parameter masukan tersebut akan menentukan hasil perhitungan frekuensi kerja yang dapat digunakan sebagai rujukan dalam komunikasi.

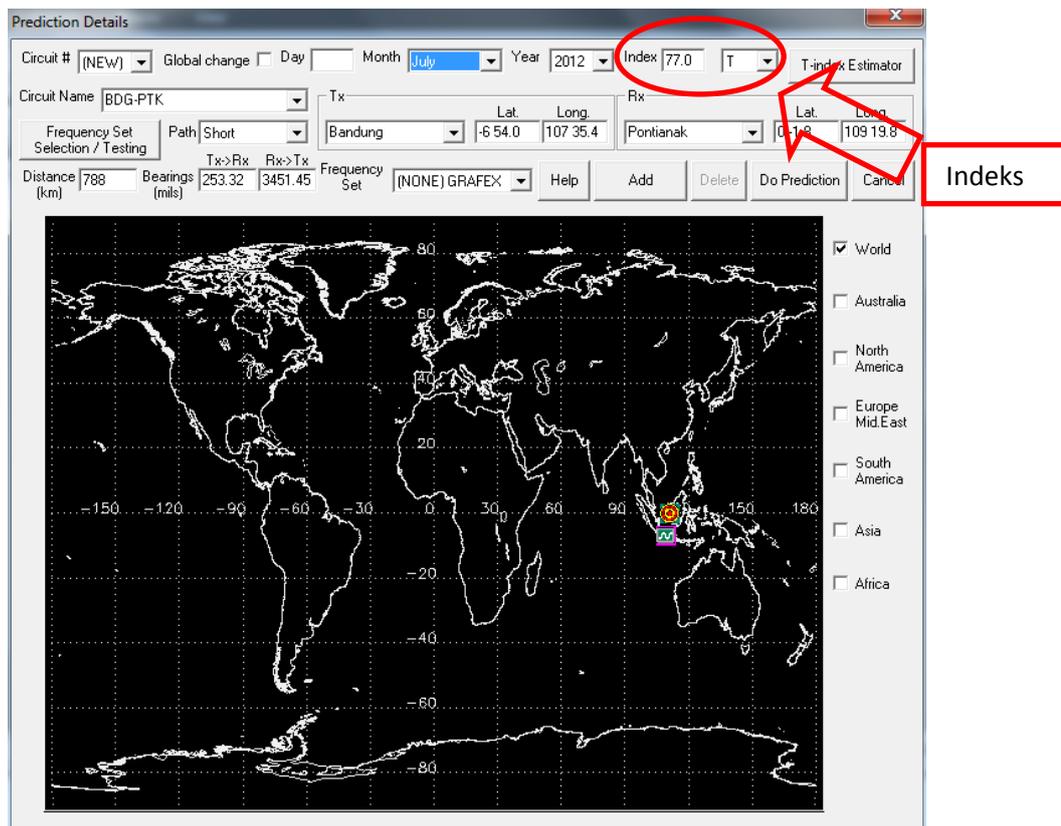
Untuk melakukan perhitungan prediksi frekuensi komunikasi radio HF, parameter masukan yang digunakan dalam software ASAPS sebagai kondisi ionosfer terdiri dari beberapa pilihan, yakni jumlah bintang Matahari (SSN/R12), Fluks 10,7, dan Indeks T. Dari ketiga parameter tersebut, penggunaan Indeks T dianggap sebagai parameter yang paling sesuai, karena dalam pembuatannya nilai Indeks T diturunkan berdasarkan data lapisan ionosfer yakni foF2 (Turner, 1968).

Penggunaan Indeks T dalam software ASAPS menentukan kondisi ionosfer yang sesuai dengan kondisi aktifitas Matahari. Nilai Indeks T yang dapat digunakan dalam software ASAPS berada pada rentang -50 hingga 200. Nilai Indeks T yang kecil memiliki makna bahwa kondisi Ionosfer sesuai dengan aktifitas Matahari yang berada dalam kondisi tenang. Sedangkan nilai Indeks T yang besar memiliki makna bahwa kondisi ionosfer sesuai dengan

kondisi matahari yang berada pada puncak aktifitasnya. Penggunaan Indeks T sebagai masukan dalam software ASAPS ditunjukkan pada Gambar 2-1.

Pada Gambar 2-1 disajikan contoh tampilan software perhitungan prediksi frekuensi ASAPS. Berdasarkan gambar tersebut dapat dilihat bahwa Indeks T merupakan salah satu parameter masukan dalam software ASAPS. Pada penggunaannya, nilai Indeks T tersebut secara otomatis telah tersedia dalam software ASAPS yang perlu di-update secara periodik. Nilai indeks T tersebut merupakan nilai rujukan yang telah dihitung oleh lembaga penelitian Ionosfer Australia (IPS) yang merupakan institusi yang mempublikasikan software ASAPS. Namun, kendatipun telah disiapkan nilai Indeks T yang dapat digunakan sebagai rujukan, nilai tersebut masih dapat diubah sesuai dengan keinginan pengguna.

Nilai Indeks T yang dikeluarkan oleh IPS merupakan nilai indeks T global yang disesuaikan dengan waktu dari prediksi yang hendak dilakukan. Nilai indeks T yang digunakan sebagai rujukan tersebut diperoleh dari model perhitungan Indeks T global yang memanfaatkan data foF2 di seluruh bumi. Namun, dikarenakan lapisan ionosfer berskala regional (McNamara, 1991), maka indeks T yang digunakan akan lebih baik merupakan nilai indeks T yang berasal dari data ionosfer di wilayah sirkuit komunikasi dari perhitungan prediksi frekuensi yang dilakukan. Dengan pertimbangan tersebut dan berdasarkan hasil dari kegiatan penelitian pada tahun 2011 berupa model perhitungan indeks T regional Indonesia, maka indeks T yang digunakan sebagai masukan dalam software ASAPS dapat menggunakan nilai indeks T yang diperoleh dari hasil perhitungan indeks T regional tersebut.



Gambar 2-1: Tampilan software ASAPS dalam melakukan perhitungan prediksi frekuensi

3 DATA DAN METODOLOGI

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data median foF2 di atas SPD Tanjungsari dan data uji komunikasi sistem *Automatic Link Establishment* (ALE) pada bulan Maret dan April 2012. Data median foF2 tersebut digunakan untuk menghitung nilai indeks T regional berdasarkan metode perhitungan yang telah dihasilkan oleh Suhartini (Suhartini, 2011). Indeks T yang dihasilkan kemudian digunakan sebagai masukan dalam perhitungan prediksi frekuensi pada software ASAPS. Berdasarkan nilai indeks T tersebut, perhitungan prediksi frekuensi yang dilakukan, disesuaikan dengan sirkuit komunikasi ALE yang dimiliki, yakni Bandung-Watukosek, Bandung-Pontianak, dan Watukosek-Pontianak.

Berdasarkan data hasil prediksi frekuensi software ASAPS yang menggunakan nilai indeks T regional sebagai salah satu masukan, maka dilakukan

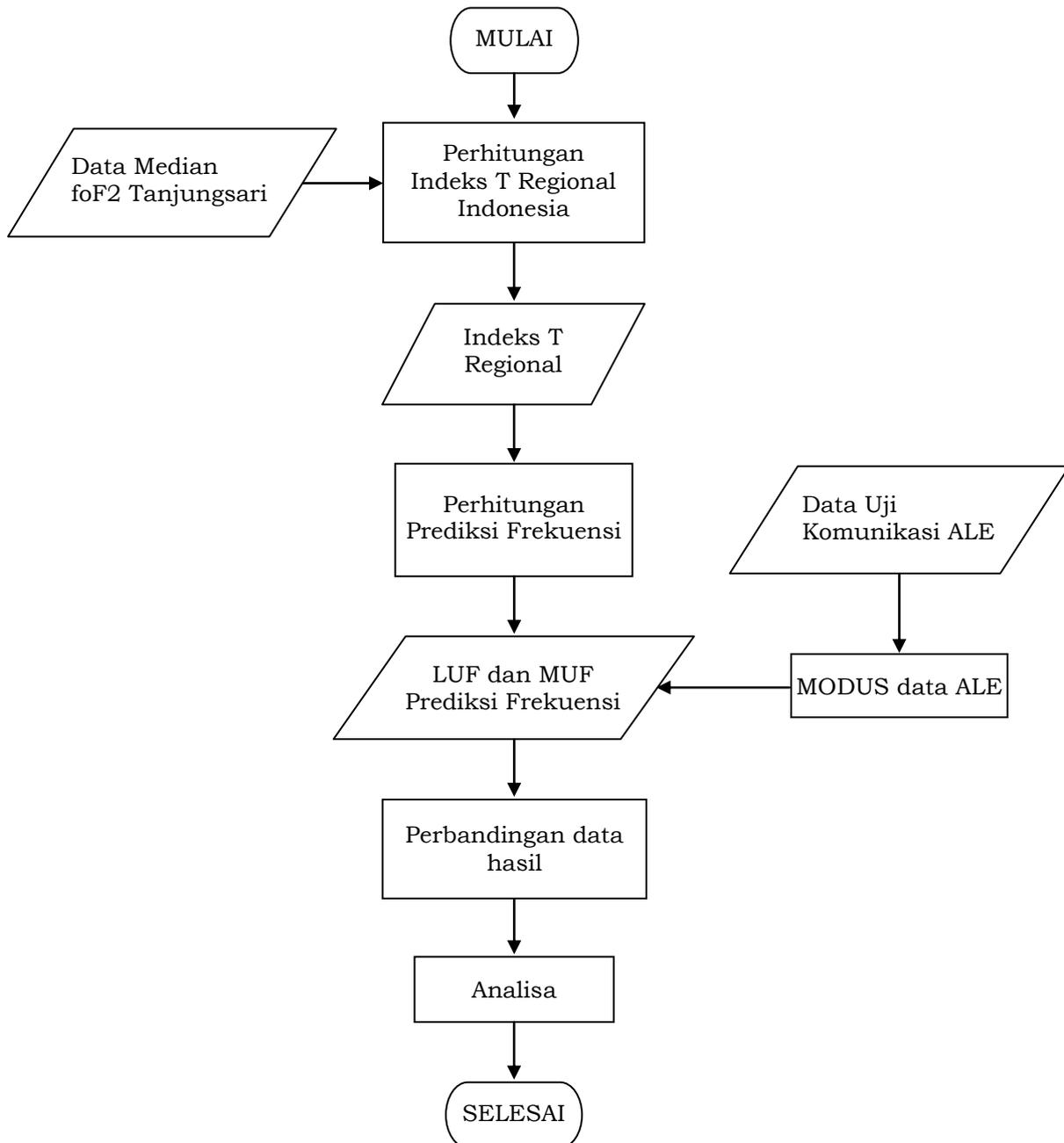
perbandingan dengan data hasil uji komunikasi pada sirkuit yang sama. Data hasil prediksi yang berupa rentang frekuensi kerja dari frekuensi terendah (LUF) hingga frekuensi tertinggi (MUF) setiap jamnya, dibandingkan dengan data frekuensi yang berhasil digunakan pada sistem ALE. Dikarenakan hasil prediksi frekuensi merupakan informasi rentang frekuensi untuk tiap jam dalam satu bulan, maka agar dapat dibandingkan dengan data uji komunikasi, data sistem ALE dipilih berdasarkan nilai yang sering muncul setiap waktunya untuk satu bulan. Metode penentuan nilai yang sering muncul tersebut merupakan metode Modus dalam statistik.

Dalam proses perbandingan data hasil prediksi dengan uji komunikasi, nilai frekuensi yang dapat digunakan dalam sistem ALE dan berada di luar rentang LUF dan MUF prediksi frekuensi dinyatakan sebagai data yang tidak sesuai. Sedangkan nilai frekuensi yang

berada pada rentang LUF dan MUF dinyatakan sebagai data yang sesuai. Dengan pernyataan tersebut, maka persentase dari kesesuaian maupun ketidak-sesuaian antara hasil prediksi frekuensi dengan uji komunikasi dapat diperoleh.

Dari proses perbandingan yang menghasilkan persentase kesesuaian

antara hasil prediksi dengan uji komunikasi, maka dilakukan analisa untuk mengetahui kelayakan metode verifikasi yang dilakukan. Secara rinci langkah-langkah yang dilakukan dalam kegiatan ini dijelaskan pada diagram alur Gambar 3-1.

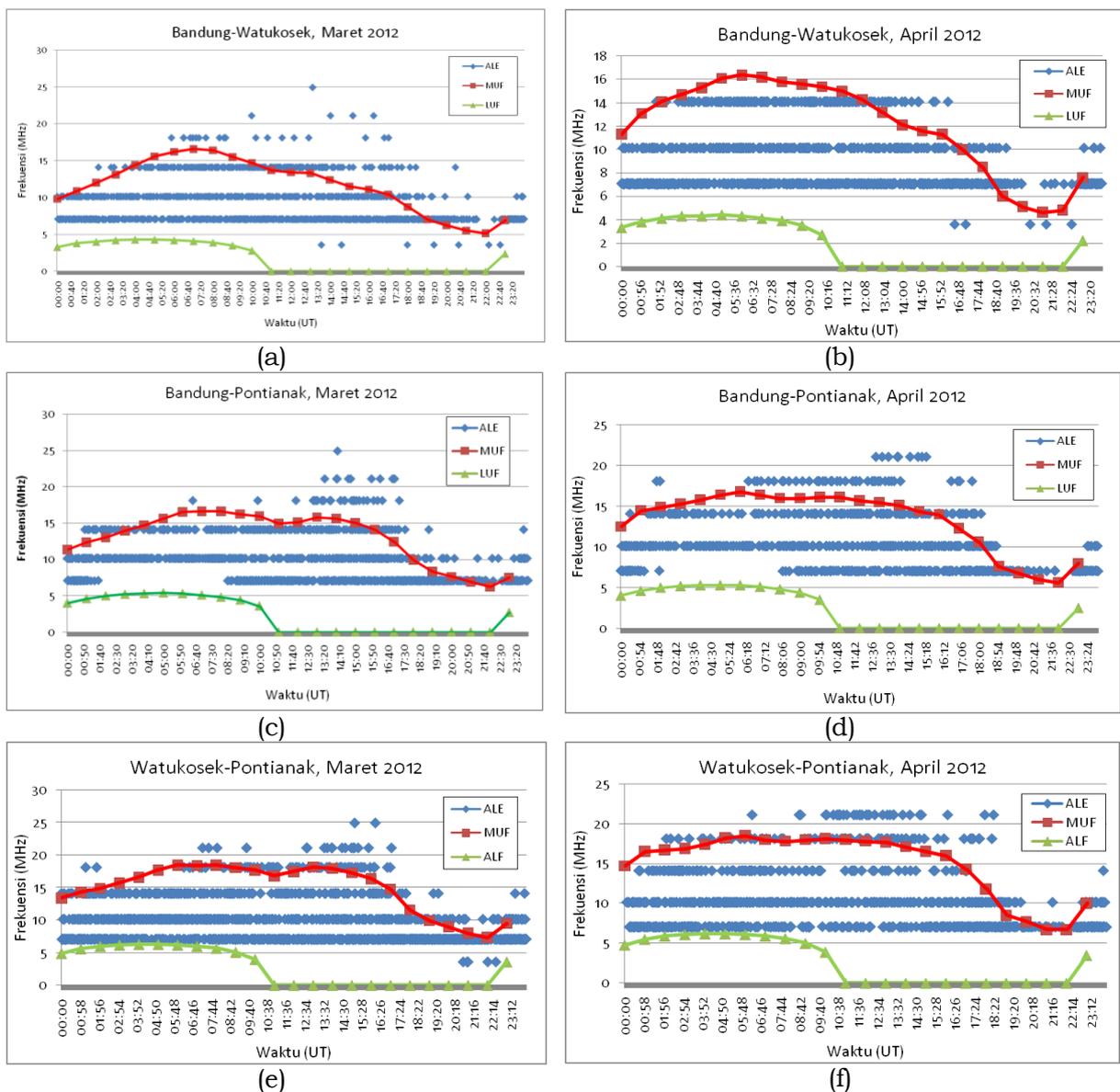


Gambar 3-1: Diagram alur langkah-langkah kegiatan yang dilakukan

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Gambar 4-1 disajikan grafik hasil perbandingan antara hasil prediksi frekuensi dengan hasil uji komunikasi radio pada bulan Maret dan April 2012. Dari data tersebut disajikan grafik yang membandingkan data antara hasil prediksi frekuensi yang dibatasi oleh frekuensi terendah (LUF) dan frekuensi tertinggi (MUF) dengan data keberhasilan penggunaan frekuensi dari sistem ALE pada sirkuit komunikasi Bandung-Watukosek, Bandung-Pontianak, dan Watukosek-Pontianak.

Pada Gambar 4-1 dapat terlihat kesesuaian maupun ketidak-sesuaian antara hasil prediksi frekuensi dengan uji komunikasi yang dilakukan. Kesesuaian antara hasil prediksi frekuensi dengan uji komunikasi dinyatakan apabila nilai frekuensi uji komunikasi berada pada rentang LUF dan MUF. Sedangkan ketidak-sesuaian antara hasil prediksi frekuensi dengan uji komunikasi dinyatakan apabila frekuensi uji komunikasi berada di luar rentang frekuensi MUF dan LUF.



Gambar 4-1: Grafik perbandingan hasil prediksi frekuensi dengan data uji komunikasi untuk sirkuit (a) Bandung-Watukosek bulan Maret, (b) Bandung-Watukosek bulan April, (c) Bandung-Pontianak bulan Maret, (d) Bandung-Pontianak bulan April, (e) Watukosek-Pontianak bulan Maret, dan (f) Watukosek-Pontianak pada bulan April tahun 2012

Kesesuaian antara data prediksi frekuensi dengan uji komunikasi terlihat cukup dominan pada grafik yang disajikan. Namun, berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada grafik tersebut terlihat juga adanya ketidak-sesuaian data prediksi frekuensi dengan uji komunikasi yang dilakukan. Persentase dari kesesuaian dan ketidak-sesuaian antara data hasil prediksi dengan uji komunikasi yang diperoleh disajikan pada Tabel 4-1.

Pada Tabel 4-1 disajikan persentase kesesuaian antara data hasil uji komunikasi dari tiap-tiap sirkuit sistem ALE pada bulan Maret dan April 2012. Dari tabel tersebut terlihat bahwa persentase kesesuaian antara data hasil prediksi dengan uji komunikasi berada pada rentang 76,1 – 92,6%. Sedangkan ketidak-sesuaian antara hasil prediksi dengan uji komunikasi berada pada rentang 7,4-23,9% dari keseluruhan sirkuit komunikasi.

Untuk mengetahui secara rinci dari hasil persentasi kesesuaian yang diperoleh, maka dilakukan analisa berdasarkan perbandingan data keseluruhan uji komunikasi sistem ALE, data hasil prediksi frekuensi dan sifatnya, dan data parameter kondisi lapisan ionosfer. Pada Gambar 4-2 disajikan contoh perbandingan data antara hasil perhitungan modus (data yang sering muncul) data hasil sistem ALE dengan keseluruhan data uji komunikasi sistem ALE.

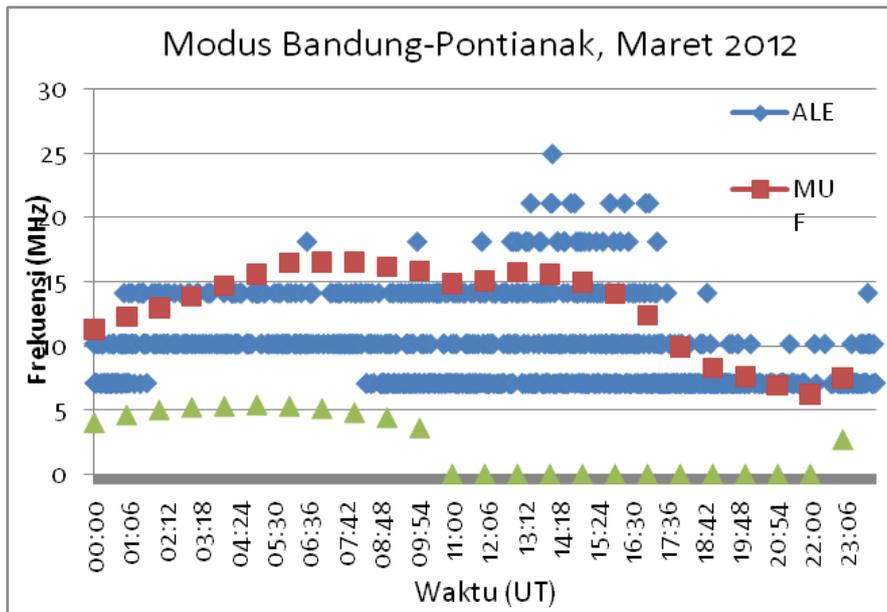
Berdasarkan Gambar 4-2 terlihat bahwa perbandingan data keseluruhan hasil uji komunikasi sistem ALE dengan

hasil modus menunjukkan perbedaan yang cukup jelas pada pukul 05 hingga 10 UT. Pada gambar 4-2a tercatat bahwa sistem ALE menerima sinyal pada rentang frekuensi antara 20 hingga 25 MHz. Namun hal ini berbeda dengan grafik yang ditampilkan pada Gambar 4-2b yang merupakan grafik Modus data ALE. Perbedaan ini menunjukkan bahwa data pada rentang frekuensi 20-25 MHz tersebut merupakan data yang hanya muncul pada beberapa hari tertentu dan tidak dominan terjadi dalam satu bulan. Berbeda dengan data yang muncul antara pukul 12.00 hingga 18.00 UT, penerimaan sinyal pada frekuensi antara 15 hingga 25 MHz, merupakan data yang sering muncul dalam satu bulan. Data tersebut tercatat pada grafik seluruh hasil uji komunikasi ALE maupun Modus data ALE.

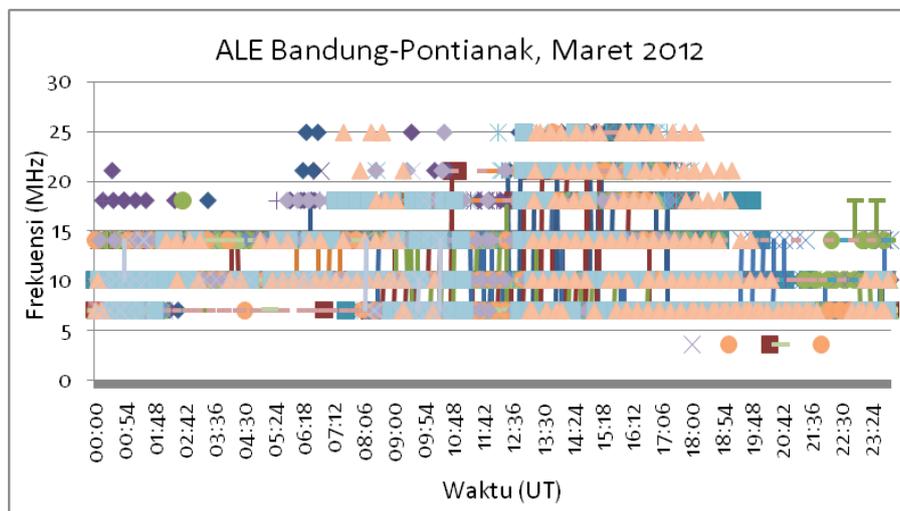
Modus data ALE yang digunakan sebagai data pembanding dengan hasil prediksi frekuensi dapat dinyatakan layak digunakan karena data hasil prediksi frekuensi merupakan data median bulanan. Nilai median bulanan hasil prediksi frekuensi tersebut merupakan suatu nilai dengan peluang kesesuaian atau keberhasilan yang mencapai 90% untuk dapat digunakan selama satu bulan (Lianne, 2010). Dalam satu bulan, sekitar 27 hari memiliki peluang besar sesuai dengan hasil prediksi yang diperoleh. Dengan sifat hasil prediksi tersebut, maka data pembanding yang sesuai adalah data yang sering muncul atau modus dari suatu kumpulan data.

Tabel 4-1: PERSENTASE HASIL PREDIKSI DENGAN UJI KOMUNIKASI

Bulan	BDG-WTK (%)		BDG-PTK (%)		WTK-PTK (%)	
	Sesuai	Tidak Sesuai	Sesuai	Tidak Sesuai	Sesuai	Tidak Sesuai
Maret	76,1	23,9	85,4	14,6	88,9	11,1
April	92,6	7,4	86,2	13,8	80,6	19,4



(a)



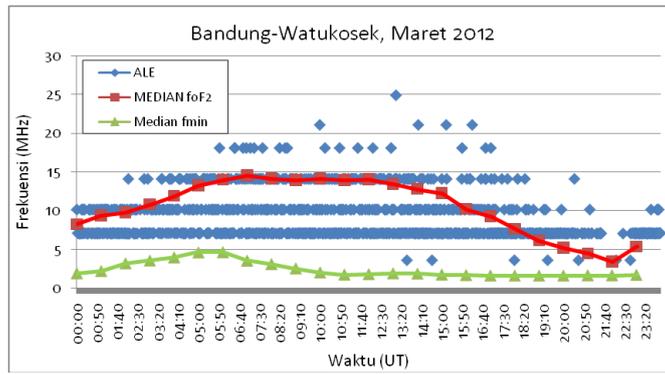
(b)

Gambar 4-2: Perbandingan data uji komunikasi sitem ALE antara hasil berupa (a) modus, dan (b) keseluruhan data uji komunikasi

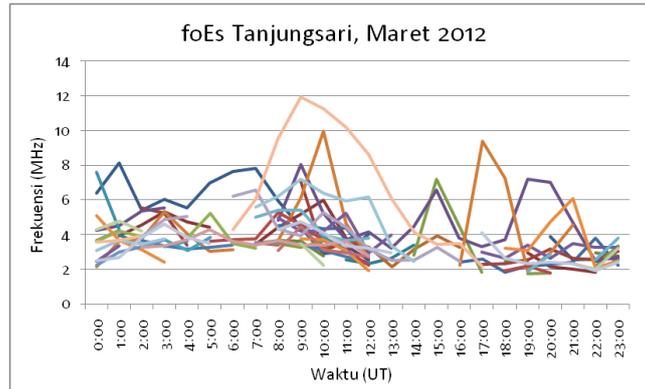
Ketidak-sesuaian antara hasil prediksi frekuensi dengan hasil uji komunikasi yang terlihat pada tiap-tiap bulan data dapat dianalisis berdasarkan kondisi lapisan ionosfer yang terjadi. Hal ini untuk menjelaskan apakah ketidak-sesuaian antara hasil prediksi frekuensi dengan uji komunikasi yang diperoleh dikarenakan kesalahan perhitungan atau dikarenakan adanya fenomena atau faktor lain yang tidak termasuk dalam perhitungan prediksi yang dilakukan. Dengan informasi tersebut,

kelayakan perbandingan hasil prediksi dengan menggunakan data uji komunikasi radio juga akan dapat diketahui.

Salah satu analisis ketidak-sesuaian data yang terlihat pada grafik perbandingan hasil prediksi dengan uji komunikasi dapat dilakukan dengan menggunakan data parameter lapisan ionosfer berupa nilai frekuensi kritis lapisan F2 (f_oF_2), frekuensi minimum (f_{min}), dan frekuensi kritis lapisan E sporadis (f_oE_s) seperti yang disajikan pada Gambar 4-3.



(a)



(b)

Gambar 4-3: Grafik (a) perbandingan data ALE sirkuit Bandung-Watukosek dengan median foF2 dan median fmin, serta (b) data kemunculan foEs harian diatas Tanjungsari

Pada Gambar 4-3a disajikan grafik perbandingan antara data uji komunikasi sistem ALE dengan data median foF2 dan median fmin di atas Tanjungsari pada bulan Maret 2012. Pada grafik tersebut terlihat bahwa pola data median foF2 tidak selalu sama dengan pola pada data hasil uji komunikasi sistem ALE. Terdapat pola yang berbeda, yakni pada pukul 14.10 hingga 20.50 UT. Hal ini menunjukkan bahwa penerimaan sinyal pada saat tersebut bukan disebabkan oleh propagasi yang terjadi pada lapisan F2. Terdapat faktor lain yang diduga dapat menyebabkan perbedaan pola tersebut.

Salah satu kemungkinan penyebab terjadinya beberapa perbedaan pola dari hasil uji komunikasi dengan data median foF2 adalah adanya kemunculan lapisan Es. Keberadaan lapisan Es yang berada di bawah ketinggian lapisan F dapat menyebabkan propagasi yang umumnya terjadi melalui lapisan F seolah-olah tertutup oleh lapisan E

sporadis (Suhartini, 2007). Pada Gambar 4-3b terlihat pola kemunculan lapisan Es yang diwakili oleh besarnya frekuensi kritis Es (foEs) cenderung serupa dengan cuplikan dari pola yang berbeda pada Gambar 4-3a. Pada pukul 9.00 UT saat tercatat nilai foEs yang tinggi (12 MHz), data uji komunikasi pada waktu yang hampir sama juga menunjukkan keberhasilan penerimaan frekuensi yang lebih tinggi dari biasanya. Selain itu pada pukul 15.00, 16.00, 19.00, dan 20.00 UT, meningkatnya nilai foEs yang tercatat juga diikuti dengan tercatatnya frekuensi yang lebih tinggi dari biasanya pada data ALE. Keberhasilan menggunakan frekuensi tinggi seperti yang tercatat pada sistem ALE sangat memungkinkan terjadi akibat faktor adanya kemunculan lapisan Es. Dengan nilai frekuensi kritis yang mencapai 6 hingga 12 MHz, dan disertai dengan ketinggian lapisan Es yang berkisar antara 80 sampai dengan 150 km, maka frekuensi yang dapat dipantulkan oleh

lapisan ionosfer pada suatu sirkuit komunikasi juga memiliki nilai yang tinggi bahkan di atas frekuensi yang dapat dipantulkan oleh lapisan F (Dear, 2009).

Kondisi ketidak-sesuaian pola antara data median foF2 dengan data uji komunikasi yang diperoleh serupa dengan perbandingan jumlah data yang tidak sesuai antara hasil prediksi dengan uji komunikasi. Hal ini dikarenakan dalam perhitungan prediksi yang dilakukan, nilai MUF dan LUF merupakan nilai yang dihitung berdasarkan pantulan oleh lapisan F ionosfer. Pada komputasi perhitungan ASAPS, lapisan Es tidak termasuk dalam perhitungan yang dilakukan. Komputasi dalam software ASAPS memperhitungkan pemantulan oleh lapisan F dan E namun tidak memasukkan perhitungan pemantulan oleh lapisan Es sehingga pola yang dihasilkan akan tidak sesuai pada saat terjadinya lapisan Es.

Ketidak-sesuaian antara hasil prediksi dengan uji komunikasi akibat munculnya lapisan E sporadis merupakan salah satu catatan yang perlu diperhatikan dalam perbandingan hasil prediksi dengan uji komunikasi. Perhitungan prediksi frekuensi yang dilakukan oleh software ASAPS tanpa menyertakan parameter kemunculan lapisan Es dalam perhitungan yang dilakukan, mengakibatkan diperolehnya sejumlah data yang tidak sesuai antara hasil prediksi dengan uji komunikasi. Hal ini dapat diartikan bahwa persentase ketidak-sesuaian akibat adanya frekuensi di luar rentang LUF dan MUF terjadi karena adanya kondisi khusus yang tidak masuk dalam perhitungan. Dengan kondisi tersebut, dapat diartikan bahwa nilai persentase dari ketidak-sesuaian antara data hasil prediksi frekuensi dengan uji komunikasi berada pada nilai yang lebih kecil dari yang tercatat.

Berdasarkan data yang diperoleh, kesesuaian maupun ketidak-sesuaian antara hasil prediksi frekuensi dengan uji komunikasi yang disajikan dalam

Tabel 1-1 layak digunakan sebagai representasi dari proses verifikasi hasil prediksi frekuensi menggunakan nilai Indeks T regional dengan data hasil uji komunikasi radio. Verifikasi tersebut juga dapat dimanfaatkan sebagai proses verifikasi dari perhitungan indeks T regional yang menghasilkan nilai indeks T sebagai masukan dalam perhitungan prediksi frekuensi. Hal ini sangat jelas dikarenakan apabila nilai indeks T yang digunakan merupakan nilai yang tidak sesuai akibat kesalahan perhitungan indeks T regional, maka perbandingan data hasil prediksi frekuensi dengan uji komunikasi juga akan sangat menyimpang dan tidak dapat dijelaskan dengan data kondisi lapisan ionosfer.

5 PENUTUP

Verifikasi indeks T regional dapat dilakukan dengan menggunakan data uji komunikasi radio jaringan stasiun ALE. Dari hasil awal yang diperoleh, persentase kesesuaian antara hasil prediksi dengan data uji komunikasi berada pada rentang 76,1 - 92,6%. Sedangkan persentase ketidak-sesuaian antara data hasil prediksi dengan uji komunikasi berada pada rentang 7,4 - 23,9%.

Dari kajian yang dilakukan, pemilihan modus dari data ALE dapat digunakan sebagai pembanding data hasil prediksi frekuensi. Hal ini dikarenakan data hasil prediksi frekuensi merupakan data yang bersifat bulanan dengan tingkat probabilitas keberhasilan mencapai 90%. Selain itu, ketidak-sesuaian antara data hasil prediksi dengan data uji komunikasi dapat disebabkan oleh perhitungan prediksi frekuensi yang tidak mencakup perhitungan kemunculan lapisan E sporadis. Hal ini terlihat dari perbandingan hasil uji komunikasi dengan data median foF2 serta analisa dengan menggunakan data kemunculan lapisan E sporadis yang terjadi bersamaan di saat data uji komunikasi radio berada di luar rentang LUF dan

MUF. Berdasarkan hasil awal ini, verifikasi indeks T regional dengan menggunakan data uji komunikasi jaringan stasiun ALE layak dilakukan.

DAFTAR RUJUKAN

- Dear V., Syamsudin, S., 2012. *Uji Sebaran Perhitungan Indeks T Regional Indonesia*, Dalam proses publikasi Majalah Sains Teknologi Dirgantara, LAPAN, 2012.
- Dear V., 2009. *Kemunculan Lapisan E Sebagai Sumber Gangguan Terhadap Komunikasi Radio HF*, Majalah Sains dan Teknologi Dirgantara Vol. 4 No. 3 September 2009 Hal. 114-122. ISSN :1907-0713.
- Lianne, 2010. WASAPS Version 5.3 Tutorial, IPS Radio and Space Services, 2010.
- McNamara L., F., 1991. *The Ionosphere: Communications, Surveillance, and Direction Finding*. Krieger publishing company, 1991.
- Suhartini S., 2007. *Komunikasi Jarak Jauh Menggunakan 2 Meteran*, Berita Dirgantara Vol. 8 No.3 September 2007 Hal.68-71.
- Suhartini S., 2011. *Penentuan Indeks T Regional untuk Pelayanan dan Pengujian Prediksi Frekuensi Sirkuit Tetap dan Bergerak*, Laporan Kegiatan Penelitian Tahun 2011 Pusat Sains Antariksa, LAPAN, 2011.
- Thompson, R. 2011, T Index FAQ; Educational Pages of IPS Website, <http://www.ips.gov.au/Education/5/2/1>, akses Juni 2011.
- Turner, Jack, 1968. *The Development of the Ionospheric Index- T*, IPS series R Report, IPS-R11, Australian Government Department of Administrative Services, 1968.