

# KAJIAN HASIL UJI PREDIKSI FREKUENSI HF PADA SIRKUIT KOMUNIKASI RADIO DI LINGKUNGAN KOHANUDNAS

Jlyo

Peneliti Bidang Ionosfer dan Telekomunikasi, LAPAN

## RINGKASAN

Pada makalah ini dibahas tentang hasil pengujian parameter komunikasi radio HF hasil prediksi menggunakan paket program ASAPS (*Advanced Stand-Alone Prediction System*). Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan persentase keberhasilan frekuensi hasil prediksi dengan persentase keberhasilan frekuensi kerja sebagai data uji. Data uji yang digunakan adalah kondisi propagasi sirkuit komunikasi radio di lingkungan Komando Pertahanan Udara Nasional (Kohanudnas) selama tahun 2005. Dari pembahasan dapat diambil empat kesimpulan. Pertama, pada umumnya prediksi frekuensi HF menggunakan ASAPS untuk siang hari sesuai dengan kenyataan. Kedua, untuk pagi hari dari pukul 05.00 WIB sampai dengan pukul 07.00 WIB umumnya prediksi ASAPS terlalu rendah. Ketiga, pada malam hari prediksi ASAPS terlalu tinggi dibandingkan dengan hasil pengamatan. Keempat, kecenderungan prediksi ASAPS yang terlalu rendah ini kemungkinan sebagai akibat belum banyaknya data ionosfer lintang rendah yang digunakan untuk membangun model ionosfer yang digunakan

## 1 PENDAHULUAN

Tiga dari parameter komunikasi radio yang bisa dihasilkan paket program prediksi ASAPS (*Advanced Stand Alone Prediction System*) adalah frekuensi minimum (LUF, *Lowest Usable Frequency*), frekuensi optimum (OWF, *Optimum Working Frequency*), frekuensi maksimum (MUF, *Maximum Usable Frequency*). Rentang frekuensi antara LUF dan OWF didefinisikan mempunyai peluang keberhasilan antara 90% sampai dengan 100%, atau minimum 27 hari dalam sebulan. Kemudian frekuensi antara OWF dan MUF mempunyai peluang keberhasilan antara 50% sampai dengan 90% atau antara 15 hari sampai dengan 27 hari dalam sebulan. Sedangkan rentang frekuensi di atas MUF mempunyai peluang paling besar 50% atau 15 hari dalam sebulan. Informasi rentang frekuensi dan peluang keberhasilannya diperlukan untuk pengaturan kanal frekuensi pada stasiun komunikasi radio HF (3-30 MHz) sehingga penggunaannya menjadi optimal. Hal ini dikarenakan propagasi gelombang HF, terutama untuk komunikasi jarak jauh, sangat bergantung kepada kondisi lapisan ionosfer. Dengan adanya pemantulan oleh lapisan

ionosfer, maka gelombang radio pada pita HF akan mencapai tempat yang jauh tanpa *repeater*.

LAPAN, dalam hal ini Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa telah membuat prediksi frekuensi HF dan telah disebarkan secara rutin setiap tiga bulan sekali kepada operator komunikasi radio di seluruh Indonesia, termasuk di lingkungan POLRI dan TNI. Prediksi dibuat dengan menggunakan paket program ASAPS dengan masukan indeks ionosfer (T) Indonesia. Acuan yang digunakan dalam paket program ASAPS adalah model ionosfer yang dikembangkan IPS Radio and *Space Service* dan model CCIR (CCIR Report No. 322, 894, dan Supplement to Report 252-2) (IPS, 1992). Pengujian parameter hasil prediksi telah dilakukan beberapa peneliti (Budiyanto, 2001; Habirun et al., 1999), namun menggunakan data ionosonda oblique dan sifatnya masih parsial, belum menggunakan data dari proses komunikasi. Pada makalah ini akan dibahas hasil pengujian dengan data kondisi propagasi komunikasi radio HF di lingkungan KOHANUDNAS (Komando Pertahanan Udara Nasional), Mabes TNI-AU.

Tujuan dari pembahasan ini adalah mengetahui tingkat keberhasilan prediksi rentang frekuensi LUF-OWF, dan OWF-MUF. Dengan demikian akan diketahui tingkat ketelitian frekuensi hasil prediksi menggunakan paket program ASAPS.

## 2 METODOLOGI

Seperti telah disebutkan pada bab 1 bahwa rentang frekuensi antara LUF dan OWF, OWF-MUF, dan di atas MUF masing-masing mempunyai peluang keberhasilan yang berbeda. Sementara frekuensi yang digunakan untuk komunikasi merupakan frekuensi tunggal, bukan rentang frekuensi. Oleh karenanya yang bisa dilakukan adalah membandingkan persentase keberhasilan frekuensi yang digunakan menurut ASAPS dengan persentase keberhasilan di lapangan. Untuk itu, maka perlu dirumuskan langkah-langkahnya dalam pengujian ini.

Setiap kali proses komunikasi radio dapat dicatat kondisi hubungan antara dua stasiun radio yang terkait. Definisi yang

digunakan di stasiun radio di lingkungan Kohanudnas adalah seperti pada Tabel 2-1.

Kemudian dari kode kondisi propagasi tersebut diperoleh indeks kondisi propagasi (IKP) dari setiap sirkit komunikasi radio. Konvensi yang digunakan untuk IKP dan kontak radio yang terjadi seperti pada tabel 2-2. Kontak radio dikatakan berhasil jika  $IKP \geq 2$  dan gagal untuk  $IKP < 2$ .

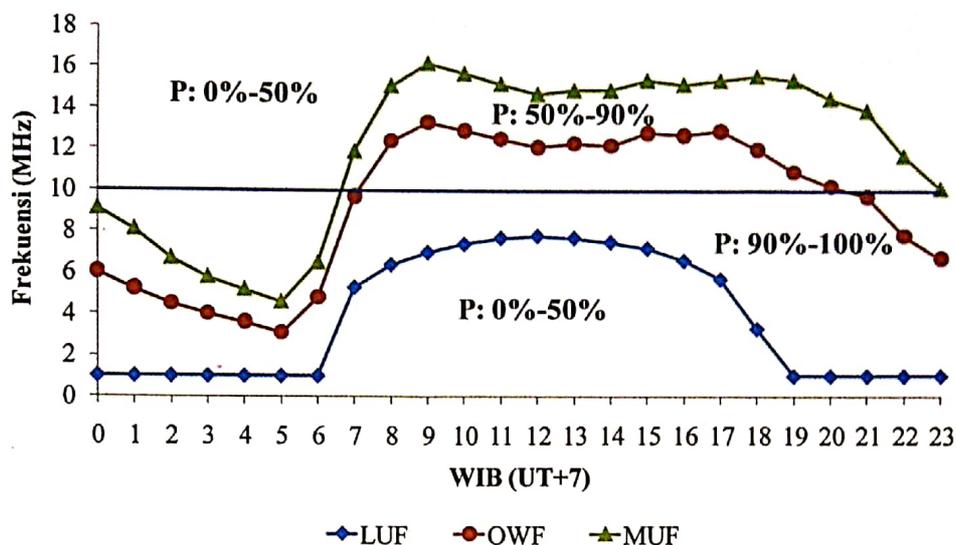
Pada umumnya komunikasi radio di lingkungan Kohanudnas dilakukan hampir sepanjang hari, mulai pukul 05.00 WIB sampai dengan pukul 21.00 WIB. Kecuali komunikasi Jakarta-Biak yang hanya dilakukan setengah hari mulai pukul 05.00 WIB sampai dengan pukul 11.00 WIB. Setiap selang waktu dua jam dituliskan kode kondisi propagasinya. Jadi, rata-rata dalam sehari dihasilkan 7 (tujuh) kode kondisi propagasi. Dan dengan pengolahan selanjutnya diperoleh data IKP. Dari data IKP selama satu bulan dapat diperoleh informasi keberhasilan dan kegagalan komunikasi. Dan kemudian diperoleh persentase (%) keberhasilan selama satu bulan pengamatan.

Tabel 2-1: KODE KONDISI PENERIMAAN SUARA KOMUNIKASI RADIO DI LINGKUNGAN KOHANUDNAS

Kode	Keterangan
0/0	Hubungan radio gagal, atau tidak terjadi kontak
1/1	Suara yang dikirimkan melalui radio diterima oleh kedua belah pihak dalam kondisi kurang jelas
2/2	Suara yang dikirimkan melalui radio diterima oleh kedua belah pihak dalam kondisi cukup jelas
3/3	Suara yang dikirim dapat diterima oleh kedua belah pihak dengan kondisi baik atau jelas
4/4	Suara yang dikirim dapat diterima oleh kedua belah pihak dengan kondisi baik atau sangat jelas.

Tabel 2-2: INDEKS KONDISI PROPAGASI KOMUNIKASI RADIO

IKP	Keterangan	Kode Kohanudnas	Kontak radio
0	Komunikasi gagal	0/0	gagal
1	Suara yang diterima kurang jelas	1/1	gagal
2	Suara yang diterima cukup jelas	2/2	berhasil
3	Suara yang diterima jelas	3/3	berhasil
4	Suara yang diterima sangat jelas	4/4	berhasil



Gambar 2-1: Grafik parameter prediksi (LUF, OWF, dan MUF), dan peluang keberhasilan frekuensi pada rentang antar parameter tersebut

Langkah selanjutnya menentukan prediksi LUF, OWF, dan MUF. Dengan memasukkan indeks T regional Indonesia, maka diperoleh prediksi ketiga parameter tersebut selama 24 jam dan yang berlaku selama sebulan. Dan selanjutnya diperoleh rentang frekuensi LUF-OWF, OWF-MUF, dan frekuensi yang lebih besar dari MUF dengan peluang keberhasilannya untuk masing-masing rentang. Untuk mempermudah perbandingan antara frekuensi kerja ( $f$ ) dengan frekuensi hasil prediksi, maka dibuat grafik yang memuat empat parameter sekaligus seperti pada Gambar 2-1. Dengan grafik ini dapat diperoleh informasi letak frekuensi kerja. Misalkan frekuensi kerja  $f$  terletak dalam rentang OWF-MUF, maka peluang keberhasilannya menurut prediksi adalah antara 50% sampai dengan 90% atau 15 hari sampai dengan 27 hari dalam sebulan (*User Manual ASAPS*). Langkah selanjutnya adalah membandingkan % keberhasilan yang diperoleh dari IKP (pengamatan) dengan rentang persentase menurut prediksi tersebut. Jika dari pengamatan diperoleh % keberhasilan dalam rentang 50%-90%, maka prediksi sesuai dengan kenyataan. Jika % keberhasilan di luar rentang 50%-90%, maka prediksi tidak sesuai dengan pengamatan. Demikian seterusnya untuk frekuensi kerja yang terletak pada rentang lainnya.

### 3 DATA DAN PENGAMATAN

Pada dasarnya data utama yang digunakan pada penelitian ini adalah persentase (%) keberhasilan komunikasi dari praktek dan persentase keberhasilan komunikasi berdasarkan prediksi menggunakan paket program ASAPS. Dan seperti telah diuraikan pada bab 2 bahwa % keberhasilan komunikasi diturunkan dari kode kondisi komunikasi dan IKP. Lokasi stasiun radio yang digunakan meliputi Jakarta (-6,17; 106,80), Medan (3,58; 98,67), Makassar (-5,12; 119,40), Cibalimbing (-7,38; 106,52), Ranai (3,93; 108,38), dan Biak (1,00; 136,00). Adapun sirkuit komunikasi yang digunakan meliputi Jakarta-Medan (jarak 1411 km), Jakarta-Makassar (jarak 1399 km), Jakarta-Cibalimbing (jarak 138 km), Jakarta-Ranai (jarak 1136 km), dan Jakarta-Biak (jarak 3289 km). Pengamatan dilakukan selama tahun 2005, mulai bulan Januari sampai dengan Desember.

Tabel 3-1 adalah satu contoh IKP sirkuit komunikasi Jakarta-Medan untuk bulan Desember 2005. Baris paling bawah merupakan persentase keberhasilan komunikasi radio selama bulan tersebut. Jika  $P = 68\%$  artinya selama bulan tersebut kontak radio berhasil (IKP $\geq 2$ ) selama 21 hari. Data pada baris inilah yang akan digunakan sebagai pembanding untuk persentase keberhasilan berdasarkan prediksi menggunakan paket program ASAPS.

Tabel 3-1: INDEKS KONDISI PROPAGASI (IKP) SIRKIT KOMUNIKASI JAKARTA-MEDAN BULAN DESEMBER 2005

Tgl\WIB	5-7	7-9	9-11	11-13	13-15	15-17	17-19	19-21
1	1	2	2	2	2	2	1	1
2	2	2	2	2	2	2	1	1
3	2	2	2	2	2	2	1	1
4	1	2	2	2	2	2	1	1
5	1	2	2	2	2	2	1	1
6	1	2	2	2	2	2	1	1
7	2	2	2	2	2	2	1	1
8	2	2	2	2	2	2	1	1
9	2	2	2	2	2	2	1	1
10	2	2	2	2	2	2	1	1
11	2	2	2	2	2	2	1	1
12	2	2	2	2	2	2	1	1
13	2	2	2	2	2	2	1	1
14	2	2	2	2	2	2	1	1
15	2	2	2	2	2	2	1	1
16	2	2	2	2	2	2	1	1
17	1	2	2	2	2	2	1	1
18	1	2	2	2	2	2	1	1
19	1	2	2	2	2	2	1	1
20	1	2	2	2	2	2	1	1
21	2	2	2	2	2	2	1	1
22	2	2	2	2	2	2	1	1
23	2	2	2	2	2	2	1	1
24	2	2	2	2	2	2	1	1
25	2	2	2	2	2	2	1	1
26	1	2	2	2	2	2	1	1
27	1	2	2	2	2	2	1	1
28	2	2	2	2	2	2	1	1
29	2	2	2	2	2	2	1	1
30	2	2	2	2	2	2	1	1
31	2	2	2	2	2	2	1	1
P(%)	68	100	100	100	100	100	0	0

Kemudian dengan paket program ASAPs diperoleh prediksi LUF, OWF, dan MUF untuk bulan Januari sampai dengan Desember tahun 2005. Dengan memasukkan nilai indeks T Indonesia seperti pada Tabel 3-2, maka setiap bulannya dapat diperoleh grafik seperti Gambar 2-1 yang kemudian dapat dilakukan analisis lebih lanjut. Konvensi selanjutnya adalah kesesuaian antara prediksi dengan pengamatan. Kode B digunakan jika terdapat kesesuaian antara % keberhasilan menurut prediksi dengan pengamatan. Kode S1 jika % keberhasilan komunikasi menurut prediksi tidak sesuai

112

dengan hasil pengamatan namun komunikasi tetap berhasil. Sedangkan kode S2 menyatakan bahwa % keberhasilan prediksi tidak sesuai dengan pengamatan dan komunikasi gagal. Jadi, jika kode kecocokan adalah B, maka prediksi sesuai dengan kenyataan. Jika, kode kecocokan S1, maka prediksi terlalu rendah (*underestimate*) dan jika S2, maka prediksi terlalu tinggi (*overestimate*).

Dari Gambar 2-1 dan Tabel 3-1 dapat dianalisis dan diperoleh data seperti pada Tabel 3-3 berikut:

Tabel 3-2: INDEKS IONOSFER (T) INDONESIA SELAMA TAHUN 2005

Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
T	51	50	47	42	43	38	41	35	30	12	28	26

Tabel 3-3: KODE KECOCOKAN ANTARA PREDIKSI ASAPS DENGAN KEBERHASILAN KOMUNIKASI JAKARTA-MEDAN SELAMA TAHUN 2005

BLN	WIB (UT+7)																
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
JAN	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	B	B	B	B	B	B	S2	S2	S2	S2
FEB	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	B	B	B	B	B	B	S2	S2	S2	S2
MAR	S1	S1	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	S2	S2	S2	S2
APR	S1	S1	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	S2	S2	S2	S2
MEI	S1	S1	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	S2	S2	S2	S2
JUN	S1	S1	S1	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	S2	S2	S2
JUL	S1	S1	S1	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	S2	S2	S2	S2
AUG	S1	S1	S1	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	S2	S2	S2	S2
SEP	S1	S1	S1	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	S2	S2	S2	S2
OCT	S1	S1	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	S2	S2	S2	S2
NOV	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	B	B	B	B	B	S2	S2	S2	S2
DEC	S1	S1	S1	S1	S1	B	B	B	B	B	B	B	B	S2	S2	S2	S2
P(%)	0	0	33	67	67	67	67	75	100	100	100	100	100	8	0	0	0

Baris paling bawah pada tabel menunjukkan kesesuaian prediksi dengan pengamatan (kode B) selama 12 bulan. Contohnya untuk pukul 7 WIB, nilai kesesuaiannya adalah 33%. Artinya, selama 12 bulan hanya 4 bulan saja persentase keberhasilan menurut prediksi ASAPS sesuai dengan persentase keberhasilan komunikasi radio Jakarta-Medan. Tabel 3-3 merupakan contoh hasil uji untuk sirkuit komunikasi Jakarta-Medan. Tabel yang sama juga diperoleh untuk sirkuit lainnya. Dan, apabila kolom paling bawah dari masing-

masing tabel dikumpulkan, maka diperoleh Tabel 3-4.

Tabel 3-4 menunjukkan persentase kesesuaian antara prediksi dengan pengamatan berdasarkan kondisi komunikasi radio di lingkungan Kohanudnas. Jika persentase mencapai harga 100%, maka sepanjang tahun 2005 terjadi kesesuaian antara prediksi dengan kenyataan. Jika angkanya kurang dari 100%, maka terdapat prediksi yang tidak cocok dengan kenyataan di lapangan.

Tabel 3-4: PROSENTASE KESESUAIAN ANTARA PREDIKSI DENGAN PENGAMATAN (KODE B) BERDASARKAN KONDISI KOMRAD DI LINGKUNGAN KOHANUDNAS SELAMA TAHUN 2005

Sirkuit\WIB	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
JKT-BIK	0	42	100	100	100	100	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JKT-CBL	0	0	25	67	75	100	100	100	100	100	100	100	100	17	8	-	-
JKT-MDN	0	0	33	67	67	67	67	75	100	100	100	100	100	100	0	0	0
JKT-MKS	0	0	58	67	67	83	67	67	58	75	83	83	83	58	33	25	8
JKT-RAN	0	0	83	75	75	75	75	92	100	100	100	100	75	75	67	-	-

#### 4 PEMBAHASAN

Dari sirkit komunikasi Jakarta-Medan (Tabel 3-3) diperoleh informasi bahwa umumnya pada siang hari persentase keberhasilan komunikasi hasil prediksi sesuai dengan kenyataan (B). Sedangkan pada dini hari antara pukul 05.00 WIB sampai dengan pukul 7.00 WIB, walaupun komunikasinya berhasil, namun hasil prediksi tidak sesuai dengan kenyataan (S1). Pada bulan Januari, Februari, November, dan Desember kondisi ini juga terjadi dari dini hari sampai dengan pukul 11.00 WIB. Sedangkan pada malam hari antara pukul 18.00 WIB sampai dengan pukul 21.00 WIB prediksi tidak sesuai dengan kenyataan dan komunikasinya gagal (kode S2).

Dari Tabel 3-4 diperoleh bahwa untuk sirkit Jakarta-Biak pada pukul 05.00 WIB tidak ada kecocokan antara prediksi dengan pengamatan. Hal ini diperlihatkan oleh persentase kesesuaiannya bernilai 0. Sedangkan untuk pukul 06.00 WIB hanya 42% saja nilai kesesuaian antara prediksi dengan pengamatan. Pukul 07.00 WIB hingga 11.00 WIB prediksi cocok dengan pengamatan. Setelah pukul 11.00 WIB tidak ada kontak radio antara Jakarta dengan Biak.

Selanjutnya, untuk sirkit Jakarta-Cibalimbing, pada pukul 05.00 WIB sampai pukul 06.00 WIB prediksi tidak cocok dengan pengamatan. Dari pukul 07.00 WIB hingga 09.00 WIB kecocokannya semakin meningkat hingga 75%. Pukul 10.00 WIB hingga pukul 17.00 WIB, prediksi ASAPS sesuai dengan pengamatan. Kemudian pukul 18.00 WIB dan pukul 19.00 WIB prediksi ASAPS kurang cocok dengan pengamatan.

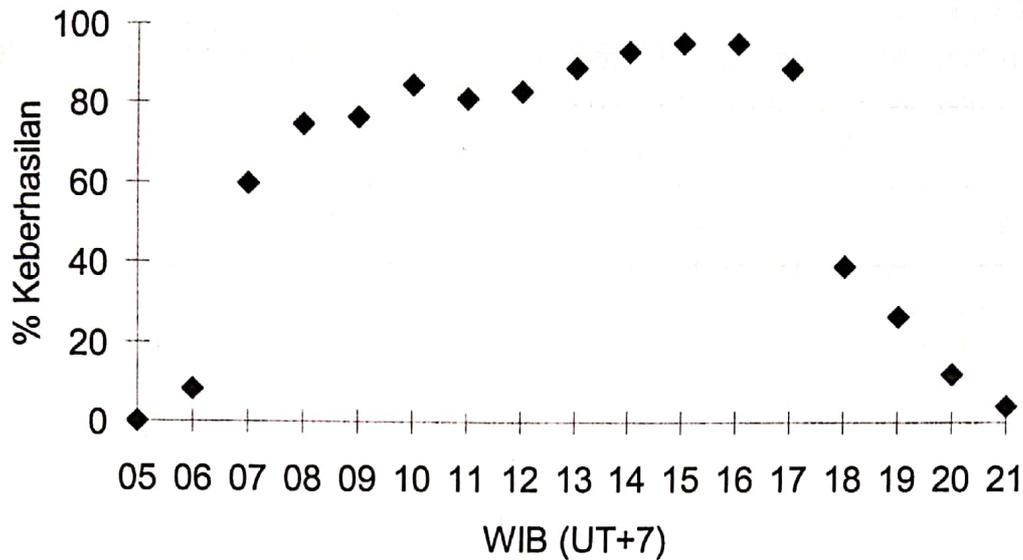
Untuk sirkit Jakarta-Medan, pukul 05.00 WIB dan pukul 06.00 WIB prediksi tidak cocok

dengan pengamatan. Dari pukul 07.00 WIB hingga pukul 12.00 WIB terjadi peningkatan kecocokan prediksi hingga 75%. Antara pukul 13.00 WIB hingga pukul 18.00 WIB, prediksi cocok dengan pengamatan. Malam hari hingga pukul 21.00 WIB prediksi tidak cocok dengan pengamatan.

Kemudian, untuk sirkit Jakarta-Makassar tidak ada yang cocok 100% antara prediksi dengan pengamatan. Pukul 05.00 WIB hingga pukul 06.00 WIB prediksi tidak cocok sama sekali dengan pengamatan. Dari pukul 07.00 WIB hingga pukul 18.00 WIB, nilai kecocokannya antara 58% hingga 83%. Malah hari hingga pukul 21.00 WIB nilai kecocokan prediksi dengan pengamatan menurun dari 33% hingga 8%.

Terakhir, untuk sirkit komunikasi radio Jakarta-Ranai, dari pukul 05.00 WIB hingga 06.00 WIB tidak ada kecocokan antara prediksi dengan pengamatan. Dari pukul 07.00 WIB hingga pukul 12.00 WIB nilai kecocokan prediksi dengan pengamatan berkisar antara 75% hingga 92%. Pukul 13.00 WIB hingga pukul 16.00 WIB nilai kecocokan prediksi 100%. Dari pukul 17.00 WIB hingga pukul 19.00 WIB nilai kecocokan prediksi menurun dari 75% hingga 67%.

Selanjutnya, jika rataan persentase keberhasilan atau kesesuaian antara prediksi dengan kenyataan dihitung rataan selama setahun, maka diperoleh grafik seperti pada gambar 4-1. Dari grafik ini terlihat bahwa pada siang hari umumnya prediksi sesuai dengan kenyataan (benar), Sedangkan malam hari prediksi kurang sesuai dengan kenyataan. Pada siang hari rataan persentase kebenaran prediksi lebih tinggi dari 58%. Sedangkan pada dini hari rataannya kurang dari 40% dan khususnya pada pukul 05.00 WIB sampai dengan pukul 06.00 WIB prediksi sama sekali tidak sesuai dengan kenyataan (0%). Sementara itu untuk malam hari rataan kebenaran prediksi kurang dari 25%.



Gambar 4-1: Rataan persentase keberhasilan prediksi selama tahun 2005

Jika ditinjau hasil uji yang menunjukkan prediksi tidak sesuai, maka dapat dicatat dua hal penting. Pertama, prediksi tidak sesuai (salah) namun kontak radio berhasil (S1) yang menunjukkan bahwa prediksi terlalu rendah (*underestimate*). Kedua, prediksi tidak sesuai dan kontak radio gagal (S2) yang menunjukkan prediksi terlalu tinggi (*overestimate*). Dari hasil tabel-tabel pada bab 3 dapat diperoleh informasi bahwa pada dini hari dan malam hari prediksi dengan paket program ASAPS terlalu rendah, kecuali untuk sirkuit Jakarta-Medan dan Jakarta-Cibalimbing. Dari dua sirkuit tersebut pada malam hari terbukti bahwa prediksi terlalu tinggi.

Kecenderungan prediksi ASAPS yang '*underestimate*' terhadap kondisi propagasi gelombang radio HF di Indonesia ini kemungkinan sebagai akibat proses pembentukan model yang digunakan (CCIR, IPS) belum melibatkan parameter ionosfer Indonesia. Data ionosfer yang digunakan untuk membangun model yang digunakan dalam paket program ASAPS sebagian besar berasal dari daerah lintang menengah dan tinggi. Hal ini terjadi disebabkan berbagai hal antara lain sebagian besar daerah lintang rendah berupa lautan atau hutan belantara sehingga sulit untuk ditempatkan peralatan pengamatan.

Selain itu, pada umumnya daerah lintang rendah merupakan wilayah negara miskin yang belum mampu melakukan pengamatan ionosfer secara kontinu dan dalam jangka panjang. Dengan berkembangnya teknik pengamatan menggunakan okultasi GPS (misalnya Firlejczyk dan Morgan, 1998; Hajj et al., 2000, Bernhardt et al., 2000; Liu et al., 2000) saat ini, kemungkinan di masa mendatang kebutuhan akan data ionosfer di daerah lintang rendah akan terpenuhi dan pada akhirnya akan meningkatkan ketelitian model.

## 5 PENUTUP

Dari pembahasan pada bab 4 dapat diambil empat kesimpulan. Pertama, pada umumnya prediksi frekuensi HF menggunakan ASAPS untuk siang hari sesuai dengan kenyataan. Kedua, untuk pagi hari dari pukul 05.00 WIB sampai dengan pukul 07.00 WIB umumnya prediksi ASAPS terlalu rendah. Ketiga, pada malam hari prediksi ASAPS terlalu tinggi dibandingkan dengan hasil pengamatan. Keempat, kecenderungan prediksi ASAPS yang terlalu rendah ini kemungkinan sebagai akibat belum banyaknya data ionosfer lintang rendah yang digunakan untuk membangun model ionosfer yang digunakan.

## DAFTAR RUJUKAN

- Bernhardt, P. A., Selcher, C. A., Basu, S., Bust, G., dan Reising, S. C., 2000. *Atmospheric Studies with The Tri-Band Beacon Instrument on The COSMIC Constellation*, TAO, Vol. 11, No. 1, halaman 291-312.
- Budiyanto, 2001. *Verifikasi ASAPS dengan data oblique sounding*, Warta LAPAN, No. 3, Vol. 3, halaman 116-121.
- Firlejczyk, M., dan Morgan, G., 1998. *Earth Occultation Measurements from LEO Satellites in The Southern Hemisphere Using GPS and GLONASS*, Proc. Of Test and Evaluation Conference.
- Habirun, Jiyo, Syarifudin, M., 1999. *Verifikasi Prediksi Frekuensi HF Metode ASAPS dengan Data Ionosonda Oblique Manado-Sumedang*, Majalah LAPAN Vol. 1, No.3, halaman 12-17.
- Hajj, G. A., Lee, L. C., Pi, X. Q., Romans, L. J., Schreiner, W. S., Straus, P. R., Wang, C. M., 2000. *COSMIC GPS Ionospheric Sensing and Space Weather*, TAO, Vol. 11, No. 1, halaman 235-272.
- Liu, J. Y., Chu, Y. H., Chen, M. Q., Tsai, L. C., Huang, C. M., 2000. *Modelling and Ground Observation of The Ionosphere Related to The COSMIC Project*, TAO, Vol. 11, No. 1, halaman 349-364.
- , 1992. *Advanced Stand Alone Prediction System V2.0 : User Guide*, IPS Radio and Space Service.