

Perbandingan Model Jangkaan bagi Taburan Sintilasi Troposferik untuk Frekuensi Jalur K_u di Malaysia

(Expectation Comparison Models of Tropospheric Scintillation Distribution for K_u Band Frequency in Malaysia)

Rohaniza Mohd Zali & Mandeep Jit Singh

ABSTRAK

Kajian ini telah dijalankan berdasarkan kepentingan pemahaman yang mendalam terhadap ciri-ciri taburan data perambatan isyarat setempat serta mengenalpasti dan meramal keseluruhan kesan dari gangguan yang wujud di sepanjang medium perambatan gelombang iaitu atmosfera yang boleh melemahkan isyarat gelombang radio yang dihantar. Jangkaan atau ramalan terhadap kesan pada kelemahan isyarat amatlah perlu bagi tujuan penentuan bajet pautan (link budget) dan sekaligus membolehkan rekabentuk sistem rangkaian komunikasi yang lebih baik dibina. Sehubungan itu kajian ini telah menggunakan data yang dikumpul selama setahun melalui satelit Beacon iaitu untuk tempoh bermula dari April 2008 sehingga April 2009. Data isyarat sintilasi yang berfrekuensi 12.255 GHz dengan sudut dongakan antena 40.1° ini telah dianalisis dengan mendapatkan nilai purata amplitud isyarat, χ serta nilai sisihan piawai, σ , yang dinyatakan dalam dB untuk mendapatkan taburan keamatan isyarat sintilasi jangka panjang. Data yang telah dianalisis kemudiannya dibandingkan dengan model jangkaan/ramalan yang sesuai iaitu model Karasawa, ITU-R, Otung dan Akhondie. Keempat-empat model ini telah dibuat perbandingan berdasarkan nilai RMS ralat merujuk kepada nilai data ukuran untuk mengukur potensi model-model ini. Dari perbandingan yang telah dibuat dalam kajian ini, telah terbukti bahawa model Otung mempunyai potensi dan kebolehan ramalan atau jangkaan yang lebih baik berbanding model yang lain berdasarkan parameter meteorologi dari sampel data yang dipilih dengan perbandingan nilai peratusan ralat yang paling rendah.

ABSTRACT

This study has been performed base on an important of severely understanding about the characteristics of the local propagation signal data distribution and also the necessarily identified and predicted the overall impact of every significant attenuating factor along the propagation path as propagation impairment for the transmitted signal. The prediction of propagation impairment is the most important to do the link budget accurately and therefore a better designation of communication network system can be performed. According to that reason, this study has been conducted by using the sample data for one year data collection through Beacon satellite with the duration from April 2008 until April 2009. This collection of data with a frequency of 12.255 GHz (Ku-band) and the elevation angle of 40.1° had been analyse by getting the average value of signal amplitude, χ and also the standard deviation, σ that normally measured in dB to get the long-term distribution of scintillation intensity. The result from this analysis shows that the distribution of scintillation intensity followed the Gamma distribution for the long-term data distribution. Based on this result, then the selected existing prediction model which is Karasawa, ITU-R, Otung, and Akhondie has been compared to get the best performance of prediction model for the selected of data with the specific meteorological parameter. This all four models have been compared referring to the value of RMS error to determine the performances of each model compared with measurement value. The result from this study shows that Otung has the best overall performance compared to other model.

PENGENALAN

Perambatan isyarat dari satelit ke bumi melalui atmosfera bumi memberi kesan besar dan perlu diambil kira dalam merekabentuk sesuatu sistem, (Danielle et al. 2007). Gangguan dalam penghantaran isyarat gelombang dari stesen pemancar satelit ke bumi atau sebaliknya adalah disebabkan oleh pelbagai punca antaranya disebabkan

oleh gangguan hujan (rain), serakan (scattering), biasan (refraction), sintilasi (scintillation) dan sebagainya. Kesan dari gangguan-gangguan tersebut menyebabkan kelemahan pada isyarat gelombang yang dihantar. Bagi komunikasi satelit untuk frekuensi tinggi melebihi 10 GHz, perubahan turun naik amplitud isyarat (signal-level fluctuation) disebabkan oleh sintilasi troposferik (tropospheric

scintillation) dan perubahan aras isyarat disebabkan oleh gangguan hujan adalah merupakan masalah utama dalam proses penghantaran isyarat radio (ITU-R P.618-9 2009).

Sintilasi troposferik adalah merupakan keadaan dimana nilai amplitud dan fasa isyarat berubah-ubah secara berterusan disepanjang laluan isyarat satelit. Ianya disebabkan oleh wujudnya kecelaruan (irregularities) dan pergolakan (turbulence) indek biasan atmosfera bumi dalam lingkungan lebih kurang beberapa kilometer dari permukaan bumi (Jouniet al. 1998; Kamp 1998). Laluan perambatan gelombang isyarat menerusi lapisan troposfera dipengaruhi oleh gabungan penyerapan secara rambang dan serakan di laluan isyarat yang menyebabkan gelombang yang diterima mempunyai nilai amplitud yang berubah secara rawak dan mewujudkan sintilasi (Mandeep et al. 2007) Berdasarkan kajian yang telah dijalankan sebelum ini, sintilasi troposferik telah dimodelkan dengan pelbagai model ramalan dan didapati model-model ini mempunyai prestasi yang berbeza bergantung kepada parameter meteorologikal seperti frekuensi, sudut dongakan antenna, kelembapan dan suhu setempat. Dalam kajian ini model-model ini akan dibandingkan dengan isyarat dari data yang dikumpul dan seterusnya dapat menentukan model ramalan yang paling sesuai untuk medium perambatan isyarat di Malaysia. Selain itu, kurangnya kajian dan perolehan data sintilasi dari negara-negara tropika menjadi antara faktor pendorong untuk kajian ini dilaksanakan. Kajian berkaitan sintilasi troposferik sebelum ini hanya banyak dijalankan dan dibuat di negara-negara yang bukan beriklim tropika atau khatulistiwa.

MODEL RAMALAN SINTILASI TROPOSFERIK

MODEL RAMALAN SINTILASI TROPOSFERIK KARASAWA

(Karasawa et al. 1988) telah memperkenalkan model sintilasi yang mana model ini secara jelasnya mempunyai perkaitan dengan data yang mempunyai parameter meteorologikal tersendiri dalam proses ramalannya. Ia sekaligus boleh diaplikasikan untuk kawasan dan musim yang berbeza. Untuk meramal data statistik jangka panjang bagi pelemahan dan peningkatan aras isyarat gelombang data yang dianalisis, pengukuran atau pengiraan untuk fungsi taburan kumulatif (*cumulative distribution function* (CDF), sangat penting. Dengan beranggapan bahawa perubahan amplitud isyarat data bagi tempoh jangka pendek iaitu kurang dari 1 jam adalah mengikut taburan Gaussian manakala data isyarat untuk tempoh jangka panjang yang melebihi 1 bulan adalah mengikut taburan Gamma, maka nilai bagi normal kumulatif bagi taburan data yang dianalisis mengikut model Karasawa boleh dinyatakan dengan persamaan di bawah:

$$P(\chi|\chi_0)_{m=1} = 1.099 \times 10^4 \int_0^\infty \int_0^\infty \sigma_\chi^8 \exp\left(-\frac{\chi^2}{2\sigma_\chi^2 - 10\sigma_\chi}\right) d\sigma_\chi d\chi \quad (1)$$

yang mana, χ adalah aras isyarat relatif dalam dB dan σ_χ adalah nilai purata bulanan untuk sisihan piawai untuk χ . Persamaan (2) dan (3) menunjukkan perhubungan di antara σ_χ dengan fungsi bagi parameter meteorologi dan talian perhubungan:

$$\sigma_\chi = \sigma_{\chi_{ref}} \cdot \eta_f \cdot \eta_\theta \cdot \eta_{D_a} \quad (dB) \quad (2)$$

$$\sigma_{pre} = \sigma_n \cdot f^{0.45} \cdot \sqrt{G(D_a)} / (\sin \theta) \quad \text{for } \theta \geq 5^\circ \quad (3)$$

di sini $\sigma_{\chi_{ref}}$ bergantung kepada suhu, t (*temperature*) dan peratusan kelembapan, U (*humidity*), η_f bergantung kepada frekuensi, f (GHz), η_θ bergantung kepada sudut dongakan antenna, θ ($^\circ$) dan η_{D_a} bergantung kepada saiz antenna, D_a (meter).

MODEL RAMALAN SINTILASI TROPOSFERIK ITU-R

International Telecommunication Union-Radiocommunication Sector (ITU-R), (2009) telah memperkenalkan model ramalan untuk jangkaan pengukuran isyarat sintilasi yang banyak digunakan di seluruh dunia terutama untuk sistem rangkaian margin rendah yang berfrekuensi tinggi melebihi 10 GHz. Model yang diperkenalkan dipanggil model ITU-R dan merupakan suatu kaedah yang paling cepat dan cekap dalam meramal statistik untuk sintilasi troposferik dari parameter persekitaran setempat. Model ini adalah hasil ubahsuaian daripada model Karasawa. Pengukuran nilai pelemahan dan peningkatan bagi isyarat sintilasi menggunakan model ramalan ITU-R dapat dilaksanakan berdasarkan persamaan (4).

$$\sigma_\chi = \frac{\sigma_{\chi_{ref}} \cdot f^{7/12} G(D)}{\sin^{1.2} \theta} \quad (4)$$

di sini, $G(D)$ adalah fungsi purata lohong (*aperture averaging function*)

- t : Purata suhu ($^\circ\text{C}$) permukaan kawasan pengumpulan data untuk tempoh masa melebihi satu bulan.
- H : Purata peratusan kelembapan (%) di permukaan kawasan pengumpulan data untuk tempoh masa melebihi sebulan.
- f : frekuensi (GHz) dimana $4 \leq f \leq 20\text{GHz}$.
- θ : sudut dongakan, dimana $\theta \geq 4^\circ$
- D : diameter (meter) antenna stesen di bumi

MODEL RAMALAN SINTILASI TROPOSFERIK OTUNG

Model ramalan Otung (1996) merupakan antara model ramalan yang biasa digunakan dalam peramalan dan penentuan bajet talian perhubungan di antara satelit dan stesen di bumi. Ia telah diterbitkan dan dihasilkan dari model Karasawa (1988). Mempunyai persamaan dengan model ITU-R, kecuali nilai persandaran sudut dongakannya yang

berbeza iaitu $\sin(\theta)^{-11/12}$. Persamaan untuk model Otung boleh dinyatakan seperti berikut:

$$\sigma_{\chi} = \frac{\sigma_{\chi ref} \cdot f^{7/12} \cdot G(D)}{\sin^{-11/12} \theta} \quad (5)$$

MODEL RAMALAN SINTILASI TROPOSFERIK M.AKHONDIE

Model ramalan M.Akhondie diperkenalkan oleh (Akhondie dan Ghorbani, 2008) dengan pengubahsuaian pada model ITU-R. Persamaan (6) adalah persamaan untuk mendapatkan nilai sisihan piawai bagi model untuk taburan sintilasi.

$$\sigma_{\chi} = \sigma_{ref} * f^{0.705} * \sin(\theta)^{-11/12} * g(D) \quad (6)$$

di sini, σ_{ref} boleh ditentukan dengan persamaan (7) berikut;

$$\sigma_{ref} = 0.0021 + 1.1914 \times 10^{-4} \times N_{wet} \quad (7)$$

di sini, N_{wet} (*wet term refractivity*), persamaan berikut digunakan:

$$N_{wet} = \frac{3730 H e_s}{(t + 273)^2} \quad (9)$$

Dengan

$$e_s = 6.11 \exp\left(\frac{19.7t}{t + 273}\right) \quad (10)$$

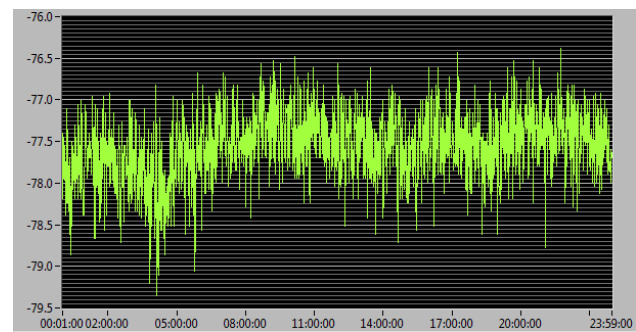
METHODOLGI KAJIAN

Dalam kajian ini pengukuran data yang dikumpul dari satelit Beacon telah digunakan. Data yang diperolehi dari satelit Beacon biasa digunakan dalam komunikasi satelit dan laluan global (*terrestrial link*) apabila pengukuran jangka panjang diperlukan. Jadual 1 berikut menunjukkan parameter dan spesifikasi satelit. Data yang digunakan dalam kajian ini adalah data yang telah dikumpul dari satelit Beacon dengan tempoh pengumpulan data bermula dari April 2008 sehingga April 2009. Data yang dikumpul dari satelit Beacon adalah merupakan data mentah yang perlu di analisa terlebih dahulu. Pengasingan gelombang gangguan yang disebabkan oleh sumber lain yang boleh melemahkan isyarat seperti manuver pesawat atau perubahan sistem tidak sengaja di stesen bumi (herotan isyarat yang dihasilkan pada stesen penerima bumi pada saat pengambilalihan data. Ini boleh menimbulkan perubahan mendadak pada level isyarat yang diterima. Rajah 1 menunjukkan keadaan isyarat data tanpa gangguan menunjukkan tiada sebarang perubahan nilai amplitud yang ketara dan nilai amplitud isyarat berubah secara konsisten. Kesan kepada gelombang isyarat dengan kehadiran gangguan hujan menyebabkan

amplitud isyarat terganggu dan berlaku perubahan kenaikan nilai amplitud yang ketara. Gangguan isyarat yang disebabkan oleh hujan telah secara jelasnya diketahui sebagai penyumbang kepada penurunan kualiti isyarat yang dihantar di sepanjang medium perambatan gelombang radio iaitu di kawasan lapisan troposfera atmosfera bumi.

JADUAL 1. Parameter dan Spesifikasi Satelit

Lokasi stesen di bumi	5.17°N, 100.4°E
Frekuensi beacon	12.255 GHz
Sudut dongakan	40.1°
Polarisasi Antena	Melintang
Konfigurasi antena	Parabolik
Diameter antena	2.4 meter
Kedudukan satelit	144°E
Ketinggian antena	57 m dari aras laut



RAJAH 1: Isyarat Sintilasi 2 Februari 2009 tanpa gangguan

Untuk mendapatkan amplitud sintilasi χ dari data yang telah diperiksa, kami perhatikan bahawa empat variasi pertama yang telah dinyatakan diatas adalah lebih perlahan dari variasi yang disebabkan oleh sintilasi. Oleh itu, nilai χ telah ditentukan menerusi penapis laluan tinggi dengan frekuensi potongan, f_2 (Karasawa et al. 1988) menentukan nilai f_2 dengan membandingkan spektrum variasi isyarat pada dua frekuensi yang berbeza semasa hujan berlaku. Menerusi pemerhatian kedua-dua spektrum ini kelihatan kurang berbeza bagi nilai frekuensi yang melangkaui komponen Fourier, $f_2 \sim 0.004$ Hz, yang mana secara tidak langsung ianya menunjukkan bahawa kesan yang disebabkan oleh hujan yang mempunyai frekuensi kebergantungan yang kuat berbanding sintilasi akan wujud di bawah komponen ini (Otung 1996).

Sampel ke-n bagi amplitud sintilasi, $\chi(n)$ diberi dalam dB melalui, $\chi(n) = 20 \log_{10}[E(n)/E(n)]$ di sini, $E(n) = 1/M \sum_{k=-(M/2)}^{(M/2)} E(n+k)$. Frekuensi potongan, f_2 adalah berkaitan dengan M , purata bagi nombor titik data (perlulah dalam nombor ganjil) dan perbezaan sampel Δt s oleh $f_2 = 0.443/M\Delta t$ Hz. Dengan nilai $\Delta t = 0.5s$, nilai $M = 201$ dipilih untuk menentukan $f_2 = 0.00441$ Hz (Otung, 1996). Ini adalah merupakan algoritma purata gerakan yang memberikan nilai χ sebagai amplitud isyarat

terimaan yang dinyatakan dalam dB yang mana ianya berkadar dengan purata amplitud isyarat melebihi 100.5 s ditengah-tengah sampel (Otung 1996).

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Berdasarkan Rajah 2, nilai keamatan sintilasi bagi bulan Oktober 2008 adalah tinggi dengan nilai purata sisihan piawainya 0.39dB manakala bulan Julai 2008 mempunyai keamatan taburan sintilasi yang rendah dengan sisihan piawai 0.26dB. Manakala nilai purata sisihan piawai untuk bulan Oktober 2008 hingga Januari 2009 adalah

$$\text{Peratusan ralat} = \left(\frac{\text{Nilai ukuran} - \text{Nilai ramalan}}{\text{Nilai ukuran}} \right) \times 100$$

$$e (\%) = \left(\frac{A_m - A_p}{A_m} \right) \times 100 \tag{11}$$

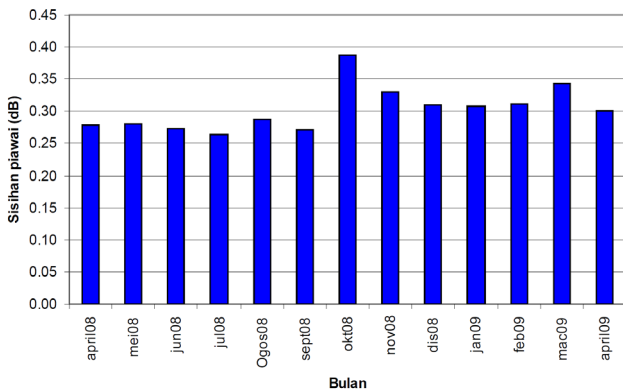
$$\text{Peratusan RMS ralat} = ((\text{Nilai purata ralat})^2 + (\text{Nilai sisihan piawai ralat})^2)^{1/2}$$

$$\% \text{ RMS} = [(\mu_e)^2 + (\sigma_e)^2]^{1/2} \tag{12}$$

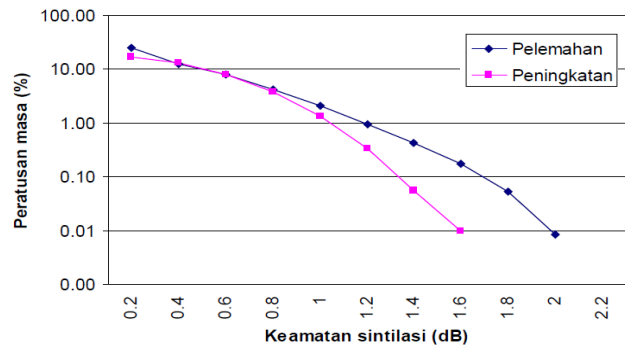
Berdasarkan Rajah 4, nilai taburan keamatan sintilasi untuk pelemahan dan peningkatan mempunyai nilai yang hampir sama untuk peratusan masa yang besar melebihi 1% tetapi nilainya mula berubah untuk tempoh masa kurang

0.33dB, iaitu lebih tinggi berbanding pada bulan Mei hingga September 2008 dengan nilai 0.28dB seperti yang dibuktikan melalui Rajah 3. Ini adalah kerana taburan keamatan sintilasi pada bulan ini adalah tinggi disebabkan musim hujan dan kehadiran awan yang tebal. Perbandingan model dibuat berdasarkan parameter meteorologi data sintilasi iaitu peratusan kelembapan, H (%) dan suhu, t(°) bagi setiap bulan dengan mengambilkira purata keamatan sintilasi. Bagi mendapatkan nilai peratusan ralat (%) yang ditentukan dengan nilai ukuran ditolakkan dengan nilai ramalan dan kemudian dibahagikan dengan nilai ukuran dan dinyatakan melalui persamaan (11) berikut.

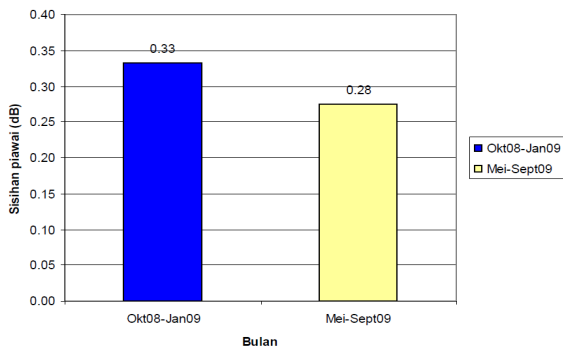
dari 1%. Untuk tempoh masa 0.1%, perbezaan bacaan pelemahan dan peningkatan adalah sebanyak 0.38 dB manakala perbezaan diantara kedua-dua keamatan sintilasi ini pada tempoh peratusan masa 0.01% mencapai 0.4dB.



RAJAH 2: Nilai keamatan sisihan piawai mengikut bulan bagi tempoh April 2008 hingga April 2009



RAJAH 4: Perbandingan pengukuran kumulatif taburan keamatan sintilasi bagi tempoh April 2008 hingga April 2009 untuk pelemahan dan peningkatan



RAJAH 3: Perbezaan nilai keamatan sintilasi bagi musim hujan dan kemarau

Merujuk pada Jadual 2, model Karasawa pula menunjukkan prestasi yang kurang baik dengan peratusan ralat yang paling tinggi 63.14% pada bulan Januari 2009 dan bacaan terendahnya adalah pada bulan September 2008 dengan nilai 56.85%. Karasawa memberikan purata bacaan keamatan sintilasi yang rendah berbanding data pengukuran dengan nilai keamatan amplitud sintilasi paling tinggi pada 0.158dB. Ini sekaligus menunjukkan bahawa model ini adalah tidak sesuai digunakan untuk data sintilasi bagi kawasan beriklim tropika dan khatulistiwa. Untuk model ITU-R dan M. Akhondie, bacaan taburan keamatan sintilasinya adalah menghampiri Karasawa dengan nilai purata tertinggi amplitud bulanannya masing-masing

adalah 0.17dB dan 0.197dB iaitu kedua-duanya adalah pada bulan Mei 2008. Kedua-dua model ini memberi nilai

peratusan ralat yang tertinggi pada bulan Januari 2009 dengan bacaan 60.09% dan 54.18%.

JADUAL 2. Bacaan peratusan ralat mengikut bulan bagi setiap model ramalan

Bulan	H(%)	t(°C)	%Ralat RMS			
			Karasawa	ITU-R	Otung	M.Akhondie
April08	79.58	26.33	60.30	57.15	30.56	50.51
Mei08	78.67	26.97	57.09	53.74	25.06	46.48
Jun08	78.18	26.37	57.47	54.05	25.57	47.04
Jul08	78.02	26.08	56.92	53.43	24.55	46.43
Ogos08	79.04	26.05	58.01	54.62	26.46	47.72
Sept08	79.20	26.29	56.85	53.40	24.51	46.26
Okt08	79.14	25.51	61.41	58.22	32.31	52.02
Nov08	78.65	25.62	61.28	58.08	32.08	51.86
Dis08	78.36	25.44	62.83	59.76	34.80	53.85
Jan09	78.94	25.51	63.14	60.09	35.34	54.18
Feb09	79.82	25.62	60.58	57.36	30.92	50.95
Mac09	78.07	26.75	62.02	59.01	33.58	52.64
April09	77.87	26.43	60.98	57.84	31.70	51.41

Bagi model Otung pula ia mempunyai ciri purata taburan yang tersendiri dengan nilai amplitud tertinggi pada bulan Mei 2008 iaitu mencecah 0.275 dB dan peratusan ralat yang tertinggi pada bulan Januari 2009 iaitu 35.343%. Secara keseluruhannya daripada taburan keamatan sintilasi ini menunjukkan bahawa dalam bulan Januari 2009 keamatan sintilasi adalah tinggi kerana musim basah bermusun yang menyumbang kepada peratusan kelembapan yang tinggi. Rajah 5 menunjukkan bahawa keamatan sintilasi bagi model Otung menghampiri data ukuran berbanding dengan model-model Karasawa, Akhondie dan ITU-R. Kelebihan model ini berbanding dengan model-model lain adalah bahawa pengagihan jangka panjang sintilasi amplitud kini mengikuti bentuk Gaussian, dan ketidakseimbangan ini meningkat dengan keamatan sintilasi, konsisten dengan keputusan pengukuran.

KESIMPULAN

Kajian ini telah menganalisis data yang dikumpul selama setahun bermula April 2008 sehingga April 2009. Perbandingan data sintilasi telah dibuat di antara model-model ramalan yang telah dipilih dengan data pengukuran bagi tempoh yang dinyatakan. Secara keseluruhannya model-model ramalan yang lain selain Otung adalah tidak sesuai dan tidak boleh digunakan untuk penentuan keamatan sintilasi bagi kawasan beriklim tropika dan khatulistiwa seperti Malaysia yang sememangnya mempunyai nilai kelembapan dan taburan hujan yang tinggi. Model Otung telah disesuaikan untuk ramalan bagi kesemua masa pengukuran untuk taburan keamatan sintilasi bersesuaian dengan ciri data yang diukur.

PENGHARGAAN

Penulis ingin mengucapkan terima kasih Universiti Kebangsaan Malaysia, Universiti Sains Malaysia, dan Persatuan Industri Perniagaan Radio (ARIB) dari Jepun untuk menyediakan instrumen yang digunakan untuk mengumpul data.

RUJUKAN

- Akhondi, M., Ghorbani, A. 2008. New Model for Tropospheric Scintillation Fluctuations and Intensity in the V-band for the Earth-Satellite Links, *Conferences paper*, 492-294.
- ITU-R Recommendation. 2009. Propagation Data And Prediction Methods Required For The Design Of Earth-Space Telecommunication Systems, 618-619.
- Mandeep Singh Jit Singh, Syed Idris Syed Hassan, Fadzil Ain, Kiyoshi Igarashi, Kenji Tanaka & Mitsuyoshi Iida. 2007. Measurement of tropospheric scintillation from satellite beacon at ku-band in South East Asia. *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security* 7(2): 251-254.
- Otung I. E. 1996. Prediction of tropospheric amplitude scintillation on a satellite link. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation* 44:1600-1608.
- Tervonen, J. K., van de Kamp, M. J. L. & Salonen, E. T. 1998. Prediction model for the diurnal behavior of the tropospheric scintillation variance. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation* 46(9).
- van de Kamp, M. M. J. L. 1998. Asymmetric signal level distribution due to tropospheric scintillation.

Electronics Letters 34(17).

Vanhoenacker-Janvier, D., Oestges, C. & Martellucci, A. 2007. Scintillation and depolarisation models for satellite communications in the 20-50GHz band. *Indian Journal of Radio & Space Physics* 36(5): 369-374.

Yoshio Karasawa, Matsuichi Yamada & Allnutt, J. E. 1988. A new prediction method for tropospheric scintillation on earth-space paths. *Electronic Letters* 34(11):1145-1146.

Rohaniza Mohd Zali
Mandeep Jit Singh*
Jabatan Kejuruteraan Elektrik, Elektronik & Sistem
Fakulti Kejuruteraan & Alam Bina
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM Bangi
Selangor Darul Ehsan
MALAYSIA

Corresponding author: mandeep@eng.ukm.my

Received Date: 2nd August 2012

Accepted Date: 24th September 2012