

Pemodelan Data Pengukuran Sinyal Satelit Kanal C-Band Wilayah Pekanbaru

Sutoyo¹, Sabrani², Fitri Hidayati³

^{1,2} Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. HR. Soebrantas No. 155 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru, 28293
Email: sutoyo@uin-suska.ac.id, m.sabrani@gmail.com

³ Jurusan Manajemen, Fakultas Ekonomi dan Ilmu Sosial, UIN Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. HR. Soebrantas No. 155 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru, 28293
Email: fitri.hidayati@uin-suska.ac.id

ABSTRAK

Salah satu pemanfaatan komunikasi satelit adalah penggunaan teknologi VSAT pada televisi berbayar menggunakan frekuensi C-band (4 GHz - 6 GHz) dan Ku-band (11 GHz - 14 GHz). Penggunaan frekuensi ini tentunya sangat dipengaruhi oleh redaman hujan. Untuk itu diperlukan perancangan dan pengukuran untuk mendapatkan pengaruh redaman hujan terhadap propagasi sinyal satelit. Pada penelitian ini terbatas pada pengukuran sinyal satelit untuk kanal C-band pada Wilayah Pekanbaru. Hasil data pengukuran kemudian dilakukan pemodelan distribusi data untuk mengetahui karakteristik data penerimaan sinyal satelit untuk kanal C-band. Berdasarkan hasil pemodelan data pengukuran sinyal satelit diperoleh bahwa data pengukuran terdistribusi rician dengan MSE C-band = 0,056052057

Kata Kunci: Kanal C-band, pengukuran, pemodelan data, sinyal satelit.

ABSTRACT

One of the utilization of satellite communications is the use of VSAT technology on paid television using the C-band frequency (4 GHz-6 GHz) and Ku-band (11 GHz-14 GHz). The use of this frequency is certainly greatly influenced by rain attenuation.. For this reason design and measurement are needed to obtain the effect of rain attenuation on satellite signal propagation. In this study limited to the measurement of satellite signal for the C-band channel in Pekanbaru region. The results of the measurement data then carried out data distribution modeling to determine the characteristics of the satellite signal reception data for the C-band channel. Based on the results of the modeling of satellite signal measurement data is obtained that the distributed ricean measurement data with MSE C-band = 0.056052057

Keywords: C-band channel, measurement, data modeling, satellite signal

Pendahuluan

Teknologi telekomunikasi di Indonesia pada saat ini sudah mengalami perkembangan yang sangat pesat, salah satunya sistem komunikasi satelit. Komunikasi satelit adalah komunikasi yang dapat digunakan untuk mengirimkan sinyal ke seluruh permukaan bumi, baik antar negara maupun antar benua. Salah satu pemanfaatannya yaitu pada penggunaan teknologi VSAT untuk televisi berbayar dengan menggunakan frekuensi C-band (4 GHz - 6 GHz) dan Ku-band (11 GHz - 14 GHz) [1]. Kendala dalam penerapan komunikasi satelit adalah penggunaan frekuensi tinggi diatas 3 GHz akan berpengaruh terhadap propagasi satelit yaitu curah hujan yang biasa disebut dengan redaman hujan [2]. Ini tentunya menjadi masalah yang serius bagi negara yang memiliki iklim tropis. Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki iklim tropis yang tentunya mengalami perubahan cuaca yang signifikan yaitu terdapat musim kemarau dan musim hujan. Pada saat musim kemarau curah hujan di Indonesia masih tergolong tinggi / sering terjadi apalagi pada saat musim hujan itu sendiri. Tingginya curah hujan ini disebabkan oleh kondisi atmosfer yang akan berdampak pada propagasi komunikasi satelit. Besarnya curah hujan mampu meredam propagasi komunikasi satelit di lapisan atmosfer.

Kondisi seperti ini biasanya disebut dengan redaman hujan. Redaman hujan akan mengurangi daya sinyal pada stasiun penerima. Ini dikarenakan partikel-partikel hujan yang mengakibatkan terjadinya proses polarisasi dan scattering pada gelombang sinyal sehingga mengganggu gelombang sinyal elektromagnetik yang dikirim dari stasiun pengirim ke stasiun penerima ataupun sebaliknya. Jika semakin tinggi intensitas hujan maka akan ada redaman hujan serta daya emisi yang diterima juga akan teredam, suhu derau sistemnya juga meningkat di sisi penerima dan link-availability semakin menurun sehingga performansi komunikasi satelit menjadi berkurang [3]. Adapun yang mempengaruhi sinyal terima pada komunikasi satelit diantaranya redaman gas / atmosfer, redaman hidrometer (awan, salju, kabut dan es) dan redaman hujan [4]. Diantara sejumlah redaman, yang paling berdampak sangat signifikan pada daerah ekuatorial terhadap sinyal satelit adalah redaman hujan [5]. Untuk itu diperlukan suatu kajian agar dapat menentukan besarnya redaman hujan serta pengaruhnya terhadap komunikasi satelit. Penelitian terkait tentang redaman hujan ini dapat dilihat pada beberapa penelitian antara lain penelitian tentang pengaruh hujan terhadap komunikasi satelit. Pada penelitian ini dilakukan prediksi redaman hujan untuk mengetahui pengaruh hujan terhadap propagasi gelombang sinyal satelit [10]. Hasil penelitiannya

mengatakan bahwa hujan sangat berpengaruh pada gelombang elektromagnetik dengan frekuensi diatas 10 GHz [6]. Penelitian perhitungan redaman hujan pada kanal gelombang milimeter untuk daerah medan menggunakan metode statistik Synthetic Storm Technique (SST) untuk mencari besarnya curah hujan. Hasil dari perhitungan SST menunjukkan bahwa semakin panjang link maka redaman hujan akan semakin besar pula[7, 11, 12, 13]. Kemudian studi tentang analisis redaman hujan pada frekuensi C-band dan Ku-band untuk komunikasi VSAT TV pada daerah tropis dengan menggunakan 4 model prediksi hujan yaitu model ITU-R P.618-5, model Global Crane, model SAM dan model ITU-R modifikasi untuk daerah tropis di wilayah Surabaya. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa model redaman hujan yang mendekati untuk kanal C-band adalah model Global Crane. Sedangkan model redaman hujan yang mendekati untuk kanal Ku band adalah model ITU-R modifikasi [3, 14, 15]. Beberapa penelitian diatas menunjukkan bahwa salah satu faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya daya sinyal yang diterima pada komunikasi satelit adalah redaman hujan. Tinggi rendahnya curah hujan untuk masing-masing wilayah didaerah tropis disebabkan oleh faktor-faktor tertentu, diantaranya yaitu faktor garis lintang, tinggi tempat, jarak tempat dari laut, perbedaan suhu daratan dan lautan, arah angin, deretan pegunungan dan luas daratan [8, 16, 17]. Dengan adanya faktor ini menyebabkan perbedaan penerimaan sinyal satelit untuk masing masing wilayah termasuk daerah tropis dan memiliki perbedaan terhadap pengaruh dari redaman hujan. Salah satu lokasi yang dipilih dalam penelitian ini adalah wilayah Kota Pekanbaru. Dalam penelitian ini hanya terbatas kepada hasil pengukuran sinyal satelit untuk kanal C-band dengan melakukan pemodelan terhadap data hasil pengukuran[18,19].

Metode Penelitian

Pada bagian ini akan dijelaskan sistematika yang dilakukan dalam memperoleh hasil pemodelan data sinyal satelit untuk kanal C-band pada wilayah pengukuran adalah kota Pekanbaru yang diawali dengan melakukan study literature dalam memperoleh referensi-referensi pendukung yang berkaitan dengan penelitian terkait pengukuran sinyal satelit paa kanal C-band yang akan dilakukan[20]. Setelah melakukan study literature, selanjutnya dilakukan identifikasi masalah yang meliputi rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan penelitian. Setelah dilakukan identifikasi masalah, dilakukan inisialisasi parameter input untuk mempersiapkan segala sesuatu yang akan digunakan dalam penelitian dan keperluan dalam perancangan[21]. Selanjutnya dilakukan perancangan sistem pengukuran sinyal satelit yang digunakan untuk pengukuran sinyal terima satelit kanal C-band. Setelah semua perangkat telah dirancang dan dipasang maka dilanjutkan dengan melakukan pengukuran. Sinyal satelit Dengan adanya pengukuran, maka akan didapatkan data hasil pengukuran terkait dengan penerimaan sinyal satelit pada kanal C-band[22]. Dari hasil pengukuran dilakukan pengolahan data dan

pemodelan serta analisis dalam menentukan karekeristik sinyal propagasi sinyal satelit untuk wilayah Kota Pekanbaru pada kanal c-band dan hasilnya dapat dituangkan dalam publikasi yang tertuang dalam penelitian ini. Secara umum dapat dilihat dari gambar berikut ini .



Gambar 1. Flowchart Penelitian

A. Perancangan perangkat

Pada tahapan ini merupakan kebutuhan perangkat yang diperlukan untuk merancang sistem pengukuran sinyal satelit agar pengukuran sinyal satelit dapat dilakukan dengan baik, diperlukan perancangan sistem pengukuran yang baik pula. Untuk merancang sebuah sistem pengukuran sinyal satelit, tentunya harus

mempersiapkan terlebih dahulu perangkat perangkat yang akan digunakan. Berikut merupakan perangkat-perangkat yang digunakan untuk merancang sistem pengukuran sinyal satelit pada kanal c-band untuk wilayah pengukuran adalah Kota Pekanbaru[23].

A. Antena

Antena merupakan perangkat utama yang digunakan untuk menerima sinyal informasi dari satelit untuk diteruskan ke receiver dan ditampilkan di layar monitor. Antena yang digunakan untuk merancang sistem pengukuran sinyal satelit adalah antena parabola jenis solid dengan diameter piringan (disk) 6 ft atau 1,8 m.



Gambar 2. Antena parabola venus jenis solid

2. LNB (Low Noise Block)

LNB adalah jantung dari antena parabola. LNB merupakan bagian utama pada antena parabola yang berfungsi untuk menerima sinyal satelit yang sangat lemah dan dikumpulkan pada titik fokus parabola. LNB yang digunakan pada perancangan ini yaitu 2 buah LNB kanal C-band Tanaka dan 1 buah LNB kanal Ku-band Tanaka. Untuk LNB kanal C-band Tanaka memiliki spesifikasi sebagai berikut.

- Model : Tanaka LNBF T-88 22K Twin INT
- Noise temp : 15K
- Input frequency : 3,4 – 4,2 GHz
- Output frequency : 950 – 1750 MHz
- Conversion Gain : 65 dBm



Gambar 3. LNB C-band

3. Switch

Penggunaan switch ini tujuannya agar sinyal dari 2 buah LNB / lebih yang masuk menuju receiver tidak tercampur. Spesifikasi switch yang digunakan sebagai berikut.

- Model : LGSAT DiSEqC Switch
- Frequency : 950 – 2400 MHz
- Insertion Loss : 3 dB
- Power Passing : 5000 mA Max



Gambar 4. DiSEqC 4x1 Outside

4. Receiver & remote control

Receiver berfungsi untuk menerima sinyal yang diterima dari satelit melalui antena dan ditampilkan di layar monitor. Sedangkan remote control berfungsi sebagai pengendali receiver baik jarak dekat maupun jarak jauh. Receiver yang digunakan untuk merancang sistem pengukuran sinyal satelit ini yaitu model KAONSAT IMAX 899-HD. Receiver juga harus support CCCAM. CCCAM merupakan fitur yang tersedia pada receiver untuk menghubungkan tiket fly ke server yang menyediakan card sharing untuk membuka enkripsi (sistem acakan) dari channel berbayar



Gambar 5. Receiver KAONSAT IMAX 899-

HD & Remote Control

5. Super VGA TVBOX

Untuk menampilkan gambar, suara dan data pada monitor diperlukan sebuah alat yaitu Super VGA TVBOX. Super VGA TVBOX digunakan untuk menghubungkan antara receiver dengan layar monitor. Selain itu, penggunaan super VGA TVBOX ini juga memiliki keunggulan dari segi ketajaman gambar dan suara yang ditampilkan di layar monitor. Spesifikasi yang digunakan pada super VGA TVBOX sebagai berikut.

- Model : GADMEI TV3810E
- Input Power : DC 5V – 600 mA
- Input RF : 47 – 870 MHz.



Gambar 6. Super VGA TVBOX model GADMEI TV3810E

6. Monitor

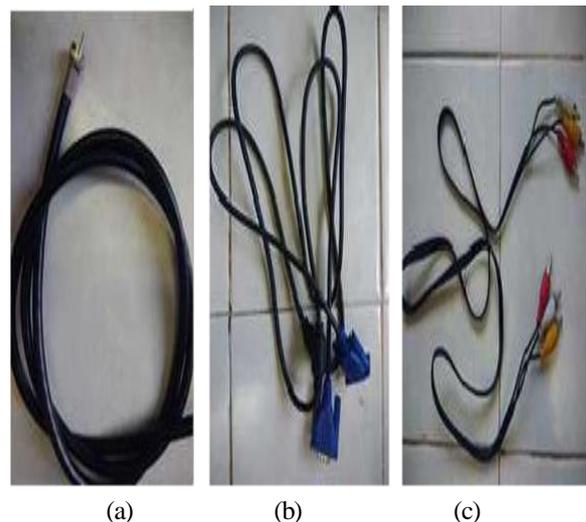
Monitor digunakan untuk menampilkan kualitas sinyal satelit. Sinyal yang diterima dari LNB antena parabola diteruskan ke receiver dan ditampilkan di layar monitor. Monitor yang digunakan yaitu jenis LCD LG.



Gambar 7. LCD LG

7. Kabel

Dalam penelitian ini digunakan 3 jenis kabel (kabel koaksial, kabel VGA dan kabel RCA 3 warna) yang digunakan untuk menghubungkan perangkat-perangkat yang digunakan. Kabel koaksial digunakan untuk menghubungkan LNB ke switch dan menghubungkan switch ke receiver. Kabel VGA digunakan untuk menghubungkan super VGA TVBOX ke monitor. Sedangkan kabel RCA (Radio Corporation of America) digunakan untuk menghubungkan receiver ke super VGA TVBOX



Gambar 8

(a) kabel koaksial, (b) kabel VGA dan (c) kabel RCA

B. Perancangan sistem pengukuran sinyal satelit

Perancangan sistem pengukuran dilakukan untuk mengetahui level daya sinyal terima pada komunikasi satelit. Pengukuran ini dilakukan dengan memanfaatkan antenna berjenis solid (padat) berbentuk parabola yang berdiameter 6 ft (6 kaki atau sekitar 1,8 meter) sebagai komponen utama penerima sinyal, sebuah LNB kanal C-band dan Ku-band dipasangkan tepat pada titik fokus antenna. Antena ini diposisikan tepat pada satelit GEO. Setelah posisi antena disesuaikan, antena ini akan dihubungkan ke sebuah receiver. Pada perangkat ini data sinyal yang diterima akan diproses agar bisa ditampilkan pada layar monitor nantinya. Rancangan sistem pengukuran sinyal satelit ini akan dioperasikan secara real time, sedangkan data sinyal yang muncul akan dicatat secara manual untuk digunakan dalam pengolahan data. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat seperti gambar dibawah ini tentang system perancangan sinyal satelit kanal C-band.



Gambar 9. Perancangan sistem pengukuran sinyal komunikasi satelit

Pada rancangan ini, satelit yang digunakan yaitu satelit SES 7. Pemilihan satelit ini berdasarkan coverage area dan kanal yang digunakan sesuai dengan area pengukuran. Satelit SES 7 merupakan salah satu satelit komunikasi yang memiliki transponder Ku-band adalah satelit SES 7. Satelit ini memiliki 22 transponder (+5 cadangan) Ku-band, 10 transponder (+3 cadangan) S-band untuk menyediakan layanan televisi satelit HD DTH yang optimal (langsung ke rumah) dan akses internet broadband di seluruh wilayah Asia Pasifik. Satelit SES 7 diluncurkan pada tanggal 16 mei 2009 oleh Boeing dan beroperasi di orbit geostasioner pada garis bujur 108,2° BT yang mencakup wilayah Asia Selatan dan Asia Pasifik. Adapun coverage area atau cakupan

wilayah yang tercover dalam penggunaan satelit SES 7 dapat dilihat pada gambar berikut.

Gambar 10. Coverage area satelit SES7



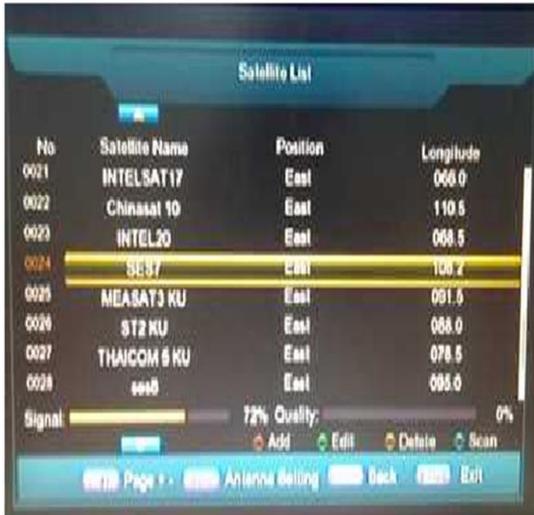
Dari gambar diatas terlihat bahwa coverage area satelit SES 7 sudah mencakup seluruh wilayah yang ada di Indonesia. Ini menandakan bahwa pemilihan satelit SES 7 ini sudah tepat. Adapun parameter yang dimiliki oleh satelit SES 7 adalah sebagai berikut

Tabel 1. Parameter satelit SES7

Parameter	Satelit SES 7
Nama Satelit	SES 7 (Protostar 2, Indostar 2, Galaxy 8iR, Cakrawarta 2, Protostar II)
EIRP level	44 dBW
Status	Aktif
Posisi	91° E (91,5° E)
NORAD	29648
Manufacturer	Boeing (Hughes)
Band Frekuensi	C-band dan Ku-band
Launching	11 Desember 2006
Orbit	GEO

B. Pengukuran sinyal satelit

Pengukuran sinyal daya satelit menggunakan rancangan seperti pada gambar 9 yang akan dilakukan secara berkala. Data sinyal yang diterima dari pengukuran ini adalah data dalam bentuk persentase. Tampilan sinyal terima dimonitor dapat dilihat seperti gambar berikut.



Gambar 11. Tampilan monitor pengukuran daya sinyal satelit

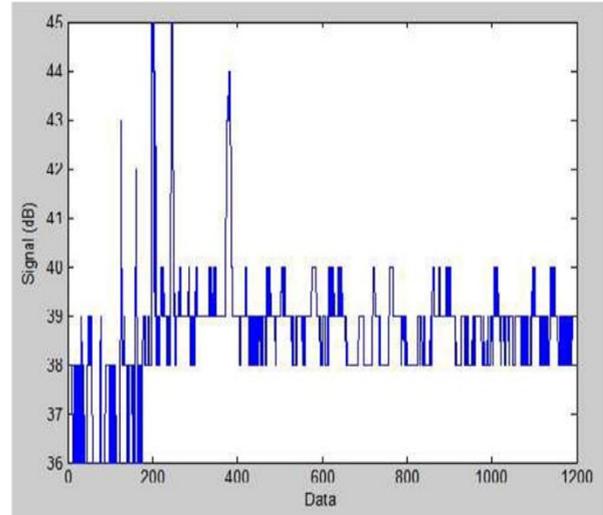
C. Pemodelan data

Setelah dilakukan pengukuran daya sinyal satelit, langkah selanjutnya adalah memodelkan data. Data yang akan dimodelkan tersebut bersumber dari data pengukuran sinyal satelit yang telah dilakukan. Pemodelan data yang dilakukan adalah pemodelan distribusi data untuk mendapatkan model yang sesuai dengan karakteristik data pengukuran sehingga diketahui model yang sesuai dengan data. Adapun model pendekatan distribusi yang dipilih adalah secara umum antara lain distribusi Normal, Poisson, Rayleigh, eksponensial dan rician.

Hasil dan Pembahasan

A. Analisa Hasil Pengukuran

Setelah melewati beberapa tahapan dalam penyelesaian pengukuran sinyal satelit kanal C-band dalam tahapan penyelesaian penelitian diawali dengan melakukan perancangan baik dalam sisi perangkat yang digunakan dalam pengukuran maupun system pengukuran yang dirancang sehingga menghasilkan system pengukuran yang benar dan dapat menerima sinyal satelit pada kanal C-band pada daerah pengukuran wilayah Kota Pekanbaru. Setelah terpenuhi semua kriteria perancangan maka dilakukan pengukuran untuk menguji tingkat keberhasilan dalam melakukan pengukuran terhadap sinyal satelit pada kanal C-band untuk area pengukuran adalah wilayah Pekanbaru. Data hasil pengukuran dilakukan pengolahan data sehingga akan mempermudah dalam melakukan analisis terhadap data yang diperoleh. Kemudian data dimodelkan untuk mendapatkan karakteristik sinyal komunikasi satelit Kanal C-band untuk wilayah Kota Pekanbaru. Pada bagian ini merupakan hasil dan pembahasan mengenai hasil yang diperoleh dari pengukuran dan hasil pemodelan data yang telah dilakukan dalam penelitian ini. Berdasarkan hasil pengumpulan dan pengolahan data pengukuran diperoleh data seperti grafik berikut ini.

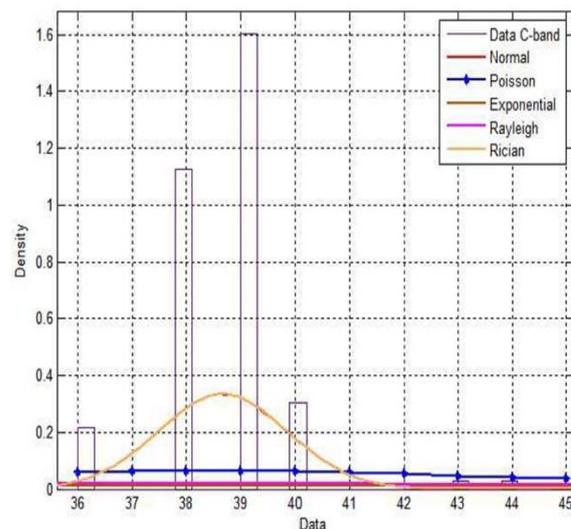


Gambar 12. Plot data pengukuran kanal C-band

Gambar diatas merupakan gambar plot dari hasil pengukuran daya sinyal kanal C-band untuk pengukuran wilayah Kota Pekanbaru. Pada grafik menunjukkan data antara sinyal daya terima dalam satuan dB terhadap jumlah data yang diterima. Pada sumbu y merupakan data daya terima sinyal satelit kanal C-band dan sumbu x merupakan jumlah data. Dari gambar diatas terlihat bahwa batas minimum sinyal penerimaan sinyal yang diperoleh selama pengukuran adalah 36 dB dan batas maksimum adalah 45 dB. Sedangkan jumlah data yang diperoleh dalam pengukuran adalah 1200 data.

B. Hasil pemodelan data

Setelah data di plot untuk memperlihatkan hasil data pengukuran sinyal satelit pada kanal C-band maka langkah selanjutnya dengan melakukan pemodelan terhadap data yang diperoleh dalam hal ini adalah model distribusi data untuk mendapatkan karakteristik data dari sinyal satelit kanal C-band untuk wilayah Pekanbaru dengan menggunakan sebuah aplikasi melalui program matlab maka diperoleh hasil sebagai berikut :



Gambar 13. PDF data pengukuran sinyal satelit kanal C-band

Gambar diatas merupakan hasil dari probability distribution function (Pdf) dari data hasil pengukuran sinyal daya satelit pada kanal C-band untuk wilayah kota pekanbaru dengan melakukan pendekatan beberapa model secara umum antara lain menggunakan model distribusi Normal, model distribusi Poisson, model distribusi eksponensial, model distribusi Rayleigh dan model distribusi rician. Dari beberapa model pendekatan yang dilakukan pemilihan model yang sesuai dengan karakteristik data hasil pengukuran sinyal satelit adalah dengan menentukan means square error (MSE) untuk mendapatkan nilai error terkecil artinya untuk data yang terbaik. Berikut ini merupakan hasil perhitungan MSE dari beberapa model pendekatan distribusi

MSE distribusi normal = 0,05610465

MSE distribusi poisson = 0,26692836

MSE distribusi eksponensial = 0,34046744

MSE distribusi rayleigh = 0,32420665

MSE distribusi rician = 0,056052057

Berdasarkan hasil dari perhitungan MSE kelima model distribusi pada C-band, maka didapat 2 nilai MSE terkecil yaitu distribusi normal dan distribusi rician dan rician memiliki nilai terkecil atau minimum error. Oleh karena itu, dapat diambil kesimpulan bahwa model distribusi yang sesuai untuk kanal C-band adalah distribusi rician yang memiliki nilai MSE paling kecil diantara model distribusi lainnya. Setelah MSE diperoleh maka diperoleh informasi parameter lainnya yaitu mean dari model data yang diperoleh yaitu sebesar 38,6703.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data hasil penelitian dengan melakukan pemodelan data hasil pengukuran menyatakan bahwa perancangan system pengukuran sinyal satelit untuk kanal C-band telah berhasil dirancang dan telah berhasil melakukan pengukuran yang dibuktikan dengan data penerimaan sinyal satelit pada kanal C-band untuk wilayah Kota Pekanbaru. Kemudian berdasarkan hasil pemodelan data pengukuran menunjukkan bahwa data terdistribusi rician dengan nilai MSE yang ditunjukkan adalah sebesar 0,056052057 dengan nilai Meannya 38,6703. Untuk penelitian selanjutnya dapat disarankan dengan melakukan pemodelan data terhadap kanal Ku-band sehingga diketahui perbandingan antara kedua kanal.

Daftar Pustaka

[1] Ha, tri t, (1990). *Digital satellite communication*. new york: mcgraw hill.
[2] Ippolito, Louis J, (2008). *Satellite Communications Systems Engineering Atmospheric Effects, Satellite Link Design and System Performance*. John Wiley & Sons, Ltd.
[3] Nurdiansyah, Ervin, (2017). Analisis Redaman Hujan pada Frekuensi C-band dan Ku- band untuk Komunikasi VSAT-TV pada Daerah Tropis. *Jurnal Teknik ITS*, 6(1),

[4] Crane, Robert K, (2003). *Propagation Handbook for Wireless Communication System Design*. CRC Press LLC

[5] Jong, Siat Ling, dkk. (2014). Analysis of Fade Dynamic at Ku-Band in Malaysia. *International Journal of Antennas and Propagation*.

[6] N, Ezech G, dkk. (2014). Effects of Rain Attenuation on Satellite Communication Link. *Advances in Science and Technology Research Journal* 8(2).

[7] Tambunan, Candra V. (2014). Perhitungan Redaman Hujan pada Kanal Gelombang Milimeter untuk Daerah Medan. *SINGUDA ENSIKOM*, 7(3).

[8] Negara, Ken. P. (2016). "7 Faktor yang Mempengaruhi Curah Hujan". <http://www.ebiologi.net/2016/07/faktor-yang-mempengaruhi-curah-hujan.html> (accessed Juni, 14 2019).

[9] Maruddani, Baso, dkk. (2010). "Pemodelan Kanal Fading Hujan untuk Aplikasi Radar Ka- band dengan Model Markov Tersembunyi", *Jurnal Elektronika*, 2(10).

[10] Mahmudah, Haniah dan Wijayanti, Ari. (2011). Analisa Fading pada Link Komunikasi Microwave Point to Point untuk Perencanaan Jaringan Infrastruktur Komunikasi Nirkabel. *Prosiding SNaPP2011 Sains, Teknologi dan Kesehatan*, 2011.

[11] Isnawati, Anggun Fitriani, dkk. (2016). Analisis Pengaruh Redaman Hujan pada Teknologi VSAT SCPC terhadap Link Budget arah Uplink dan Downlink.

[12] Alief, (July 19, 2012).

"Prinsip Sistem Komunikasi Satelit".

<https://aliefworkshop.com/2012/07/19/prinsip-sistem-komunikasi-satelit/> (accessed Januari 6, 2018).

[13] Hadi, Abdul, (October, 2015). "Pengertian, Fungsi dan Macam- Macam Satelit".

<http://www.softilmu.com/2015/10/Pengertian-Fungsi-Macam-Macam-Cara-Kerja-Satelit-Adalah.html> (accessed October 06, 2017).

[14] Elbert, Bruce R, (2004). "The Satellite Communication Applications Handbook", 2nd ed. Boston: Artech House.

[15] Maral, G, (2003). "VSAT Networks", 2nd ed. John Wiley & Sons, Ltd.

[16] Ameen, Jalal J. Hamad. (2016). Rain Effect on Ku-Band Satellite System. *ZANCO Journal of Pure and Applied Sciences*.

[17] Murray R. S, Larry J. S. (2007). *Schaum's Outline teori dan soal-soal statistik*. edisi ketiga, Erlangga.

[18] Hwei P. Hsu, (1997). *Schaum's Outline of Theory and Problems of Probability, Random Variables, and Random Processes*. McGraw Hill, United State of America.

[19] Proakis, J. G, (2001). *Digital Communication*. McGraw Hill. Prentice hall.

[20] <https://www.satbeams.com/footprints?norad=34941> (accessed October 19, 2017).

[21] <https://www.satbeams.com/footprints?norad=29648> (accessed October 19, 2017).

[22] Supranto, J.M. (2003). "Statistik Teori dan Aplikasi". Jakarta: Erlangga.

[23] Ismail. (2018). “Distribusi Eksponensial”.
https://www.academia.edu/12021247/Distribusi_Eksponensial (accessed July 30, 2018).

[24] Kusmaryanto, Sigit (November 30, 2013). “Distribusi Rayleigh dan Ricean dan Jenis Model Multipath”.
<http://sigitkus.lecture.ub.ac.id/?tag=distribusi-rayleigh>.
(accessed July 30, 2018).