

Model Pembangkitan Curah Hujan Dengan Korelasi Variasi Waktu Dan Tempat

Made Sutha Yadnya
Ari Wijayanti

Abstract: This research is about modelling the communication channel affected by the rain. The parameter of the model include the fading and polarization change from 30 GHz millimeter wave LMDS (Local Multipoint Distribution Service) propagation. The acquisition of data was getting online from Parsivel device supported by ASDO application software, and for rainfall measurement there are 3 raingauges used in 4 different locations at the area of ITS campus.

Keywords: place variation, time variation, LMDS

Komunikasi tanpa kabel (wireless) mengalami perkembangan teknologi sangat pesat, hal ini ditandai dengan pemakaian gelombang (frekuensi) semakin diatur oleh Pemerintah (Menkopinfo). Untuk frekuensi tinggi sampai orde GHz, gelombang ini dapat mengirimkan data informasi dengan kecepatan tinggi, layanan mencakup audio, video, serta multimedia lainnya, namun menggunakan komunikasi dengan frekuensi ini sangat rentan terhadap gangguan (noise) karena panjang gelombang sangat pendek. Noise komunikasi wireless disebabkan oleh beberapa hal seperti : peralatan panas (noise thermal), kanal (jalur transmisi), dan lain-lain. Penelitian ini dikhususkan pada propagasi gelombang dengan memakai transmisi orde GigaHertz (30 GHz) merupakan aplikasi dari LMDS (*Local Multipoint Distribution Service*).

Komunikasi wireless dibentuk kanal-kanal dalam penyampaian informasi, kanal ini dinamai kanal propagasi . Metode stokastik tersebut terlebih dahulu kondisi hujan dalam sistem komunikasi dimodelkan dengan kondisi kanal yang mendapatkan fading. Fading umumnya terjadi karena gelombang terhambur(scattering), atau banyaknya lintasan pantul karena objek yang terjadi dikenal juga sebagai multipath fading. Pendekatan fading untuk hujan menggunakan ITU-R P.530-1, dan untuk perhitungan teresterial biasanya menggunakan model Crane dengan 3 versinya yaitu : Global Crane, Two-component Crane, serta Revised two-component Crane, (Crane,2003). Sedangkan untuk redaman hujan

dari iklim tropis dipakai Rec.ITU-R Rep.563-4, dan untuk model dan karakteristik hujan Rec.ITU-R 838-4. (Recommendation ITU-R, 2005)

Model stokastik dari curah hujan pada lintasan radio gelombang milimeter. Model ini mengasumsikan distribusi lognormal bagi curah hujan dengan parameter-parameter statistik dan fungsi autokovarians yang diketahui. Model ini dapat digunakan untuk membangkitkan barisan berharga riil yang menunjukkan sifat stokastik jangka pendek dari curah hujan pada lintasan radio yang pendek. Koefisien-koefisien AR dan ARMA yang diperlukan dapat diturunkan dari rata-rata, simpangan baku, dan fungsi autokovarians dari nilai logaritmik curah hujan. Dua parameter yang disebut pertama diperoleh dari pengukuran di lapangan..

Model AR

Pemodelan stokastik diasumsikan curah hujan r (mm/hr) adalah wide sense stationary dan berdistribusi lognormal, maka ini juga menyatakan bahwa redaman spesifik hujan γ (dB/km) sepanjang lintasan radio (link) juga berdistribusi lognormal dan stasioner[2]. Sehingga $\eta = \ln \alpha$ (merupakan logaritma natural dari redaman hujan) akan berdistribusi normal dengan parameter yang diambil dari pengukuran lapangan. Parameter tersebut adalah median dari redaman hujan α_m (ekivalen dengan μ_η dari η) dan standar deviasi σ_η dari η .

Asumsi selanjutnya adalah fungsi otokorelasi dari redaman hujan diketahui atau pengukuran

Made Sutha Yadnya (msyadnya@unram.ac.id), adalah dosen di Universitas Mataram, Nusatenggara Barat
Ari Wijayanti (ariw@eeptis-its.edu) adalah dosen di Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

langsung dari data yang dihasilkan. Untuk fungsi otokorelasi ternormalisasi $\phi_r(\tau)$ dari curah hujan r yang berdistribusi lognormal, di mana τ adalah waktu tunda, maka fungsi autokovarian $\phi_\eta(\tau)$ dapat diperoleh. Prosedur pembangkitan curah hujan mirip dengan pembangkitan Rayleigh fading. Suatu deret berdistribusi normal dengan mean nol dan $\eta_0(k) = \eta_0(k\tau)$ di mana k adalah integer dan τ adalah waktu sampling dapat dibangkitkan secara *recursive* dengan:

$$\eta_0(k) = -\sum_{n=1}^M a(n)\eta_0(k-n) + cg(k) \quad (1)$$

dimana $a(n)$ adalah koefisien AR, $n = 1, \dots, M$, M adalah jumlah orde dari proses yang tergantung dari tunda maksimum, $g(k)$ merupakan bilangan deret acak Gaussian mean 0 dan varian 1 yang dibangkitkan dengan komputer, c adalah faktor yang mendonasikan standar deviasi dari deret noise $cg(k)$. Dengan didapatkannya deret $\eta_0(k)$ maka deret $r(k)$ diperoleh dengan persamaan :

$$r(k) = \exp(\eta_0(k) + \mu_\eta) \quad (2)$$

Setelah didapatkan nilai autokorelasi hasil dari pengukuran curah hujan di Surabaya maka fungsi autokorelasi tersebut akan digunakan untuk mencari koefisien AR dengan penurunan persamaan Yule-Walker :

$$\mathbf{a} = -\Phi^{-1} \boldsymbol{\phi} \quad (3)$$

dimana $\mathbf{a} = [a_1, a_2, \dots, a_M]^T$
 $\boldsymbol{\phi} = [\phi_\eta(1), \phi_\eta(2), \dots, \phi_\eta(M)]^T$

$$\Phi = \sigma_\eta^2 \begin{bmatrix} \phi_\eta(0) & \phi_\eta(1) & \dots & \phi_\eta(M-1) \\ \phi_\eta(1) & \phi_\eta(0) & \dots & \phi_\eta(M-2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \phi_\eta(M-1) & \phi_\eta(M-2) & \dots & \phi_\eta(0) \end{bmatrix} \quad (4)$$

dengan σ_η = standard deviasi curah hujan hasil pengukuran.

faktor c didapatkan dengan :

$$c = \sqrt{\sum_{n=1}^M a(n)\phi_\eta(n)} \text{ di mana: } a_0 = 1 \quad (5)$$

Dengan pendekatan probabilitas dari η pada teori distribusi normal, μ_η dan σ_η akan didapatkan. Maka nilai mean μ_x dan varians σ_x^2 didapatkan dengan persamaan :

$$\sigma_r^2 = \exp(2\mu_\eta + \sigma_\eta^2)[\exp(\sigma_\eta^2)-1] \quad (6)$$

$$\mu_r = \exp(\mu_\eta + \sigma_\eta^2/2) \quad (7)$$

jika fungsi otokorelasi $\rho_r'(n)$ curah hujan diketahui maka autokovarian ternormalisasinya adalah:

$$\phi_r'(n) = \frac{(\sigma_r^2 + \mu_r^2)\rho_r'(n) - \mu_r^2}{\sigma_r^2} \quad (8)$$

dan fungsi autokovarian $\phi_\eta(n)$ yang digunakan pada persamaan :

$$\phi_\eta(n) = \ln \left[1 + \phi_{r,T}(n) \left(\exp(\sigma_\eta^2) - 1 \right) \right] \quad (9)$$

Model ARMA

Pembangkitan curah hujan dengan model ARMA ini ditunjukkan dengan persamaan (10):

$$y(n) = -\sum_{i=1}^p a(i)y(n-i) + \sum_{j=0}^q b(j)v(n-j) \quad (10)$$

dimana p adalah orde dari proses AR, q adalah orde dari proses MA, a adalah koefisien AR, b adalah koefisien MA, v adalah bilangan acak gaussian mean 0 dan varian 1 yang dibangkitkan dengan komputer.

Karakteristik Korelasi Hujan

Sejumlah paper telah melaporkan beberapa model empiris spasial curah hujan. Morita-Higuti menghasilkan metode struktur spasial curah hujan yang direpresentasikan dalam koefisien korelasi curah hujan dari pengukuran curah hujan selama sepuluh tahun di Jepang. Metode ini sangat sukses diaplikasikan untuk prediksi stastistik redaman hujan dalam penerapan diversity untuk link satelit-bumi di Jepang. Capsoni et all menghasilkan model korelasi

spasial yang lain dari observasi radar di Italy. Lin mengajukan model empiris korelasi spasial redaman spesifik dari pengukuran curah hujan menggunakan rain gauge di Amerika Utara. Mengingat variasi spasial curah hujan dan redaman spesifik dari lokasi satu dengan lokasi yang lain bergantung iklim, topografi, tipe curah hujan dan lain-lain, maka implementasi teknik-teknik mitigasi seharusnya menggunakan koefisien korelasi yang sesuai untuk lokasi tersebut.

Sedangkan model spasial redaman spesifik Lin juga mendekati untuk wilayah Surabaya. Hal ini menunjukkan bahwa sel hujan untuk wilayah Surabaya sangat besar Korelasi spasial curah hujan dan statistik redaman hujan dari penelitian ini direkomendasikan sebagai salah satu parameter dalam implementasi teknik diversity di Surabaya. pada penerapan teknik-teknik mitigasi redaman hujan seperti site diversity.

Model koefisien korelasi spasial curah hujan dan redaman spesifik bervariasi dari satu lokasi dengan lokasi yang lain. Untuk iklim di Jepang, observasi dilakukan oleh Morita-Higuti menggunakan sinkronisasi *rain gauge* dan menghasilkan model korelasi spasial fungsi jarak seperti pada persamaan (11).

$$\rho(d) = \exp(-\alpha\sqrt{d}) \quad (11)$$

dimana $\rho(d)$ adalah koefisien korelasi sebagai fungsi jarak dan nilai α berkisar $0.2-0.3 \text{ km}^{-1/2}$.

Melalui observasi radar di Itali, Capsoni et all mengajukan tipe yang lain dari model korelasi spasial curah hujan sebagai fungsi jarak seperti ditunjukkan oleh persamaan (12).

$$\rho(d) = \exp(-\alpha d) \quad (12)$$

dimana $\rho(d)$ adalah koefisien korelasi sebagai fungsi jarak dan nilai α berkisar $0.46 \text{ km}^{-1/2}$.

Klasifikasi Hujan

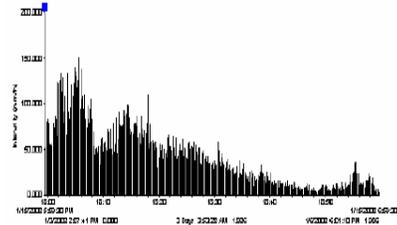
Dalam penelitian ini curah hujan dibagi dalam 2 kelompok, yaitu hujan stratiform dan convective. Karakteristik hujan stratiform yaitu curah hujannya kurang dari 25 mm/h, durasinya lebih dari satu jam dan cakupan lokasinya luas. Sedangkan karakteristik hujan *convective* memiliki curah hujan yang tinggi diatas 25 mm/h, durasinya singkat (beberapa menit) biasanya disertai badai, dan cakupan lokasinya tertentu [5]. Hasil pengukuran curah hujan dapat terlihat pada Gambar 1. Gambar tersebut menjelaskan bahwa kecepatan curah hujan dipegaruhi oleh besarnya titik hujan yang jatuh metode yang dipakai adalah Gain-Kyser.

Prosentasenya diberikan dalam suatu kurun waktu tertentu (biasanya dalam 1 tahun). Jadi jika dikatakan prosentase waktu 0.01% ($R_{0.01}$), ini berarti besarnya curah hujan rata-rata yang melebihi curah hujan pada pengukuran dalam kurun waktu 0.01 % dalam setahun (52.56 menit).

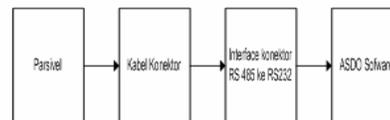
Pengukuran curah hujan dengan menggunakan disdrometer, kemudian memodelkan curah hujan dengan model AR dan ARMA, lalu dibandingkan nilai Standard Deviasi dan Autokorelasinya. Pengukuran curah hujan dilakukan didalam lingkungan kampus ITS Surabaya menggunakan disdrometer yang diletakkan diatas atap gedung Teknik Mesin dan analisa data dilakukan di Laboratorium Perambatan Gelombang Elektromagnetik dan Radiasi, Jurusan Teknik Elektro.

Disdrometer disetting menggunakan software Hydras yang hanya bisa mendeteksi curah hujan (mm/h) dengan waktu sampling 60 detik dan software Asdo yang bisa mendeteksi curah hujan (mm/h) dan distribusi titik hujan (DSD) dengan waktu sampling 10 detik.

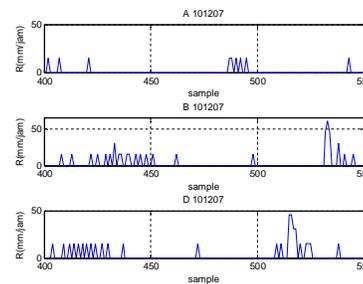
Disdrometer optic bekerja berdasarkan system laser optic. Pengukuran dapat dilakukan secara real time, jika ada partikel-partikel hujan yang melewati balok laser maka disdrometer dapat mendeteksi curah hujan (mm/h) dan distribusi titik hujan (DSD) dapat dilihat pada Gambar 1, kemudian hasilnya disimpan dalam software yang disebut data parsivel yang blok diagram sistem pengukuran secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 2.



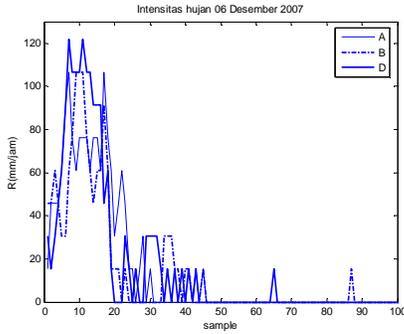
Gambar 1. Pengukuran Menggunakan Software ASDO



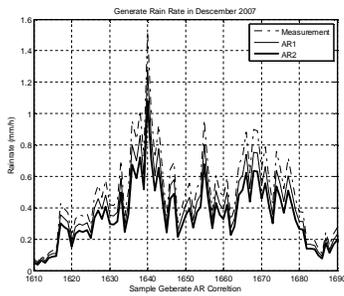
Gambar 2. Sistem Pengukuran Online



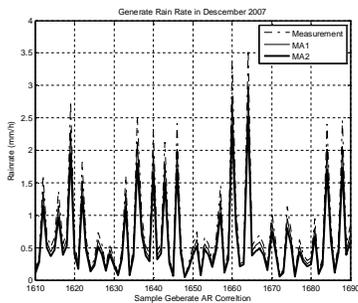
Gambar 3. Data Curah Hujan degan 3 Rain Gauge



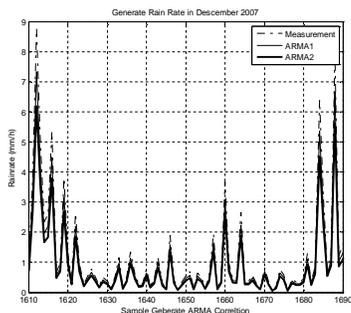
Gambar 4. Variasi Waktu dan Tempat Curah Hujan 6 Desember 2007



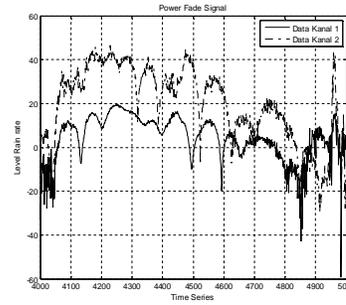
Gambar 5. Pembangkitan model AR korelasi tempat dan waktu.



Gambar 6. Pembangkitan model MA korelasi tempat dan waktu.



Gambar 7. Pembangkitan model ARMA korelasi tempat dan waktu.



Gambar 8. Pembangkitan model ARMA korelasi tempat dan waktu.

Hasil Simulasi

Hasil simulasi pada Gambar 1 data hasil pengukuran yang diplot sesuai dengan jumlah sampel pengukuran menggunakan Parsivel, untuk Gambar 2 aliran data dari alat pengukur sampai data yang dapat diolah dengan Matlab, Gambar 3 data yang diukur dengan menggunakan rain gauge dari 3 tempat yang berbeda, Gambar 4 ini menunjukkan bahwa curah hujan terjadi lama yaitu 10 detik untuk satu sampel, Data dari hasil pengukuran di-log-natural hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4. yang merupakan variasi waktu dan tempat, Gambar 5 simulasi untuk pembangkitan AR, gambar 6 simulasi untuk pembangkitan MA dan Gambar 7 untuk pembangkitan ARMA. Hasil simulasi ini dapat dipergunakan untuk perhitungan power link budget sistem LMDS serta menggunakan teknik diversity untuk mitigasinya. Gambar 8 merupakan hasil yang menunjukkan hasil korelasi antara dua link diperlihatkan bahwa ini perubahan sinyal yang fluktuatif.

Diskusi

Hujan merupakan pengganggu transmisi sinyal karena mendapatkan pelemahan, ini merupakan suatu permasalahan di bidang telekomunikasi khusus teknologi wireless. Kondisi kanal juga berbeda tiap-tiap pengiriman frekuensi yang dipakai. Untuk frekuensi 30GHz mempunyai kelemahan gelombang sangat pendek orde milimeter untuk mendapatkan performa baik (diinginkan) perlu mendesain anti fading. Pendisainan dari komunikasi wireless diperlukan metode tepat untuk mitigasi agar komunikasi dapat terlaksana walaupun dengan kondisi hujan. Pengolahan data statistik dari makalah ini dapat sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya.

Korelasi antar link menimbulkan suatu permasalahan karena hujan bergerak sesuai dengan arah angin yang mempunyai kecepatan tertentu.

Dalam teknik mitigasi yang harus dipergunakan power kontrol atau modulasi adaptive.

Kesimpulan

Hasil distribusi pengukuran curah hujan dipergunakan sebagai validasi model pembangkitan distribusi lognormal. Pembangkitan distribusi lognormal dipergunakan parameter statistik log-natural dari data hasil pengukuran curah hujan, parameter tersebut adalah rata-rata dan varian tiap even.

Uji distribusi dilakukan dengan cara distribusi model dibandingkan distribusi data hasil pengukuran curah hujan. Model AR memiliki keunggulan pada CDF fade slope untuk sinyal nonstasioner. Model MA unggul pada CDF fade slope untuk sinyal stasioner. Model ARMA unggul dalam CCDF, rata-rata, sigma, varian, serta autokorelasi pada sinyal stasioner. Hasil simulasi yang sudah dilakukan oleh peneliti diberikan rekomendasi bahwa apabila yang diperlukan adalah pembangkitan sinyal curah hujan stasioner (stratiform) digunakan model ARMA, sedangkan untuk pembangkitan sinyal curah hujan nonstasioner (konvektive) digunakan model AR.

Ucapan Terimakasih

Riset Makalah ini didukung oleh JICA proyek PREDICT-ITS, DP2M Dikti Depdiknas dana Hibah Penelitian Fundamental dan Laboratorium Antena dan Propagasi (B306). Research Grant A2 Jurusan Teknik Elektro Universitas Mataram.

DAFTAR RUJUKAN

- Rec.ITU.838-4,2003,"*Characteristics Rain of Precipitation for Modeling*".
- Salehudin.M, B.Hanantasena, L .J.M Wijdemans 1999, " *Ka-Band Line of Sight Radio Propagation Experiment in Surabaya Indonesia* ", *Fifth Ka-Band Utilization Conference*.
- Hendrantoro.G ,2004, " *An Autoregressive Model for Simulation of Time-Varying Rain Rate*", ANTEM 2004
- Burgueno, E. Vilar, M. Puigcerver 1990,"*Spectral Analysis of 49 Years of Rainfall Rate and Relation to Fade Dynamics*", IEEE TRANSACTION ON COMMUNICATION Vol.38 no.9 pp(1359-1366)
- Yadnya, M.S, Mauludiyanto .A, Muriani, Hendrantoro.G ,Wijayanti.A ,Mahmudah. H, "*Simulation of Rain Rate and*

Attenuation in Indonesia for Evaluation of Millimeter-wave Wireless System Transmission", ICSIT 26 Juli 2007,pp376-381

- Morita.K & Higuti , 1976, " Prediction Method of Rain Attenuation Distribution of micro-millimeter waves "; Rev Electr.communication Lab vol 24, no 7-8, pp 651-688.
- Yadnya, M.S, Mauludiyanto .A, Hendrantoro.G (2008a) "*Simulation of Rain Rates for Wireless ChannelCommunication in Surabaya* ", Kumamoto ICAST 14 Maret 2008, pp 139-140.
- Yadnya, M.S, Mauludiyanto .A, Hendrantoro.G (2008b) "Pemodelan ARMA untuk Curah Hujan di Surabaya", SITIA 8 May 2008 Surabaya, ISBN 978-979-8897-24-5, pp 61-67
- Yadnya, M.S, Mauludiyanto .A, Hendrantoro.G (2008c) "*Statistical of Rain Rate for Wireless Channel Communication in Surabaya*",WOCN 5-7 May 2008 Surabaya-Indonesia, IEEE, ISSN 978-1-4244-1980-7-08.
- Yadnya, M.S, Mauludiyanto .A, Hendrantoro.G (2008d) "*Akaike Information Criteria Application to Stationary and Nonstationary Rainfalls for Wireless Communication Channel in Surabaya*", ICTS 5 August 2008 Surabaya-Indonesia, ISSN 1858-1633 , pp 292-299.
- Yadnya, M.S, Mauludiyanto .A, Hendrantoro.G (2008e)" ARMA Modeling from Rain Rate Measurement to Simulation Communication Channel Model for Millimeter Wave in Surabaya", Kumamoto Forum 2008, pp 12-13.
- Yadnya, M.S, Astuti K.R, Hendrantoro.G (2008f), "Pembangkitan Curah Hujan dengan Model MA (Moving Average) dari Hasil Pengukuran di Surabaya", SNAST 2008, 13 Desember 2008 Jogjakarta-Indonesia ISSN 1979-911x, pp 202-210.