

KARAKTERISASI VARIASI SPASIAL CURAH HUJAN UNTUK IMPLEMENTASI WIRELESS BROADBAND DI SURABAYA

Ari Wijayanti¹, Haniah Mahmudah¹, Rini Satitje¹

¹Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

E-mail: ariw@eepis-its.edu, haniah@eepis-its.edu

ABSTRAK

Propagasi gelombang radio pada frekuensi diatas 10 GHz akan mengalami redaman yang cukup besar oleh hujan. Penelitian teknik-teknik mitigasi redaman hujan telah banyak dilakukan seperti *diversity*. Pada implementasi *diversity* diperlukan karakteristik spasial dari lokasi tersebut mengingat variasi spasial bergantung pada letak geografis, topografi dan iklim. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran curah hujan secara spasial menggunakan tiga buah *rain gauge*. Penelitian ini menghasilkan distribusi curah hujan mendekati distribusi lognormal. Variasi spasial curah hujan untuk event hujan diatas 60 mm/jam sangat kecil. Model korelasi spasial curah hujan hasil pengukuran di Surabaya adalah model Morita-Higuti Hasil penelitian ini direkomendasikan sebagai salah satu parameter dalam implementasi teknik *diversity*

Kata Kunci: Curah hujan, korelasi spasial, variasi spasial

1. PENDAHULUAN

Propagasi gelombang radio pada frekuensi diatas 10 GHz sangat dipengaruhi oleh redaman hujan yang dapat menurunkan performansi sistem. Efek redaman hujan sangat signifikan pada negara-negara dengan curah hujan yang tinggi seperti Indonesia. Redaman hujan di Indonesia tercatat hingga 85 dB pada link 5,7 km (Salehudin, 1999). Untuk itu dalam desain sistem komunikasi pada frekuensi diatas 10 GHz sangat penting untuk memprediksi redaman hujan. Beberapa metode telah dikemukakan untuk memprediksi statistik curah hujan dan redaman hujan dengan melakukan pengukuran curah hujan pada daerah lintasan propagasi bahkan banyak juga yang mengikut sertakan variasi spasial curah hujan sebagai salah satu parameter. Dengan memahami variasi spasial curah hujan sangat berguna pada penerapan teknik-teknik mitigasi redaman hujan seperti *site diversity*. Sejumlah paper telah melaporkan beberapa model empiris spasial curah hujan. Morita-Higuti (Morita, 1978) 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 statistik redaman hujan dalam penerapan *diversity* untuk *link* satelit-bumi di Jepang. Capsoni et al (Capsoni, 1981) menghasilkan model korelasi spasial yang lain dari observasi radar di Itali. Lin (Lin, 1975) 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 (Manabe, 1986) maka implementasi teknik-teknik mitigasi seharusnya

menggunakan koefisien korelasi yang sesuai untuk lokasi tersebut.

Paper ini melaporkan hasil penelitian tentang karakterisasi spasial curah hujan melalui pengukuran curah hujan menggunakan empat buah *rain gauge*. Paper ini mengajukan variasi spasial curah hujan dan model korelasi spasial curah hujan untuk wilayah Surabaya dengan jalan *fitting* data spasial curah hujan tiap pasangan *rain gauge* dengan beberapa model yang ada. Dari model yang didapatkan diharapkan dapat digunakan dalam implementasi teknik *diversity* di Surabaya.

Paper ini dimulai dengan pendahuluan yang dilanjutkan bagian ke dua menjelaskan beberapa model korelasi spasial yang telah ada. Bagian selanjutnya membahas tentang metode pengukuran, pengolahan data spasial curah hujan dan analisa model korelasi spasial yang didapatkan. Terakhir akan ditutup oleh kesimpulan dan saran.

2. KOEFISIEN KORELASI SPASIAL CURAH HUJAN

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 (Morita, 1978) menggunakan sinkronisasi *rain gauge* dan menghasilkan model korelasi spasial fungsi jarak seperti pada persamaan (1)

$$\rho(d) = \exp(-\alpha\sqrt{d}) \quad (1)$$

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

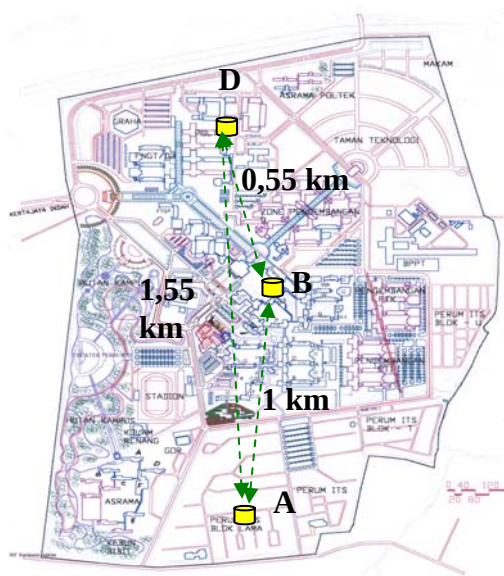
Melalui observasi radar di Itali (Capsoni, 1981) Capsoni et al mengajukan tipe yang lain dari model korelasi spasial curah hujan sebagai fungsi jarak seperti ditunjukkan oleh persamaan (2)

$$\rho(d) = \exp(-\alpha d) \quad (2)$$

dimana $\rho(d)$ adalah korelasi spaial fungsi jarak d dan nilai α adalah 0.46 km^{-1} .

3. PENGAMBILAN DATA CURAH HUJAN

Pengukuran curah hujan dilakukan di Surabaya ($7^\circ 13' \text{ S}$, $112^\circ 43' \text{ E}$). Wilayah Surabaya memiliki dua musim yaitu musim kemarau dan musim hujan. Musim hujan dengan curah hujan tertinggi terjadi antara bulan Desember hingga Mei. Sehingga dalam satu tahun di daerah ini hampir setengah tahun dilingkupi hujan yang akan mempengaruhi performansi link komunikasi. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran curah hujan menggunakan tiga buah rain gauge yang diletakkan di dengan lokasi seperti Gambar 1.

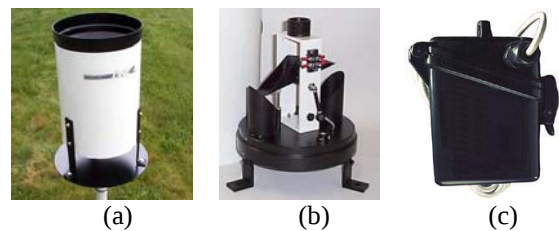


Gambar 1. Lokasi pengukuran curah hujan dengan tiga buah rain gauge di Surabaya

Jenis rain gauge yang digunakan adalah tipping bucket tipe 260-2501 dengan sensitivitas 0,01 inchi seperti ditunjukkan gambar 2. Data yang terukur selanjutnya disimpan dalam rain logger. Rain logger mampu menyimpan event hujan hingga 8000 event sehingga data perlu untuk rutin di ambil dengan software boxcar dan proses insialisasi ulang setiap kali pengambilan data. Dalam pengambilan data sebaiknya dilakukan untuk semua rain gauge secara bersamaan agar terjadi sinkronisasi pada ketiga logger. Tabel 1 menunjukkan rangkuman proses pengukuran curah hujan di Surabaya

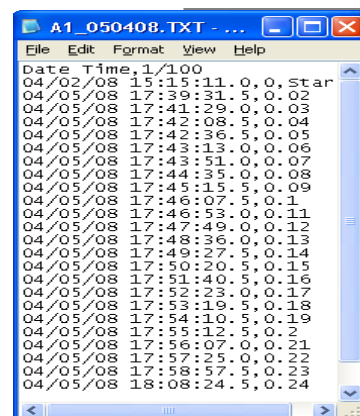
Tabel 1. Rangkuman pengukuran curah hujan di Surabaya

Periode	Desember 2007 – Mei 2008
Lokasi	3 Lokasi
Jarak	0.55 km, 1 km , 1.55 km
Rain gauge tipe	Tipping bucket (0.01 inch)
Periode konversi data curah hujan	1 menit



Gambar 2. Peralatan pengukuran curah hujan [6]
(a)Tampak luar rain gauge; (b)Tampak dalam rain gauge; (c)Rain logger

Data pengukuran curah hujan yang tercatat pada rain gauge adalah data txt berupa kumpulan tips dari bucket yang terisi air seperti gambar 3.



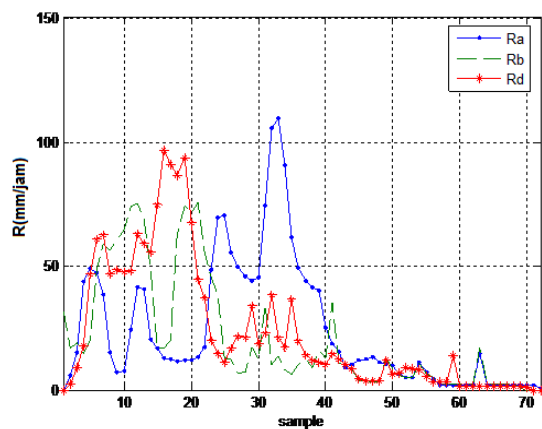
Gambar 3. Data txt dari rain gauge A untuk event hujan 5 april 2008

4. HASIL DAN ANALISA DATA

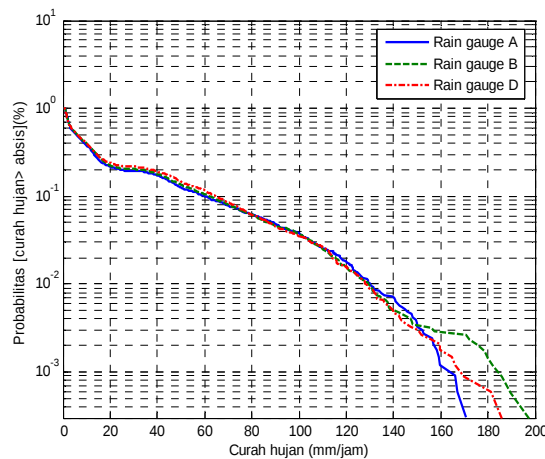
4.1 Distribusi Curah hujan dan redaman spesifik

Event hujan yang tercatat selama periode Desember 2007 hingga Mei 2008 untuk semua lokasi adalah 82 event hujan. Gambar 4 menunjukkan grafik kondisional intensitas curah hujan pada tanggal 4 februari 2008. Dari Gambar 4 tampak secara kondisional curah hujan dari ketiga rain gauge bervariasi.

Distribusi curah hujan kondisional dari semua event hujan untuk semua site tampak pada Gambar 5. Rain gauge A, B dan D memiliki distribusi yang sama pada probabilitas outage diatas 0,002 % dan mulai bervariasi pada propabilitas outage dibawah 0,002%.



Gambar 4. Grafik Intensitas hujan pada event hujan 4 Februari 2008 untuk rain gauge A, B dan D

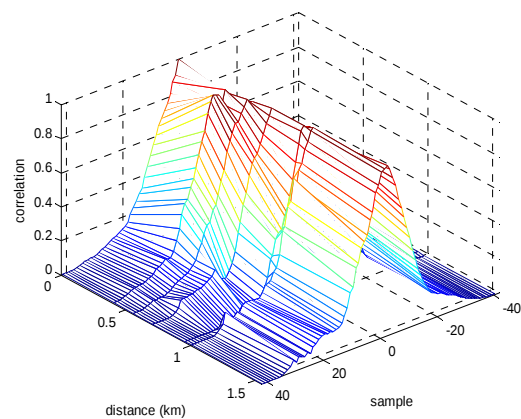


Gambar 5. Distribusi curah hujan kondisional untuk seluruh site pengukuran.

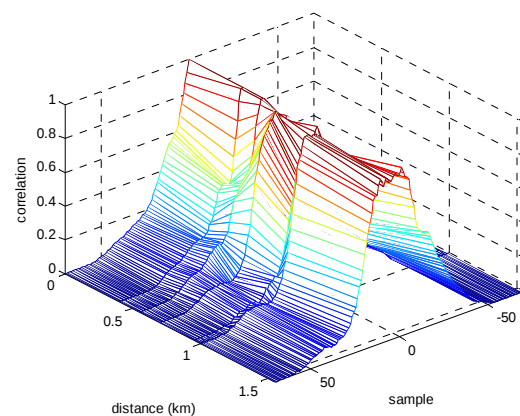
Distribusi curah hujan di Surabaya mendekati *lognormal* pada probabilitas *outage* dibawah 0,8 % dan diatas 0,9 % pada tingkat kepercayaan 80% saat diuji dengan *Kolmogorov Smirnov goodness-of-fit tes*.

4.2 Variasi spasial curah hujan

Redaman hujan akan signifikan pada curah hujan yang tinggi sehingga variasi spasial akan difokuskan pada pengamatan variasi spasial pada curah hujan di atas 60 mm/jam. Gambar 6 menunjukkan variasi spasial curah hujan untuk kombinasi jarak penempatan *rain gauge*. Dari Gambar 6 dan 7 tampak bahwa variasi spasial curah hujan memiliki variasi yang sangat kecil untuk jarak yang terjauh 1,55 km. Dengan kata lain *event* hujan yang terjadi di wilayah Surabaya untuk periode ini merata di seluruh lokasi dan dapat dikatakan bahwa sel hujan untuk wilayah Surabaya sangat besar.



Gambar 6. Variasi spasial curah hujan Event 27 Januari 2007



Gambar 7. Variasi spasial curah hujan event 8 Maret 2008

4.3 Model korelasi spasial untuk wilayah Surabaya

Untuk mendapatkan model korelasi spasial dari data hasil pengukuran dilakukan *fitting* terhadap dua model yang ada yaitu model Morita-Higuti (Morita, 1978), model Capsoni (capsoni, 1981). Data curah hujan akan difiting berdasarkan dua kelompok yaitu intensitas maksimum tiap *event*. Setiap kelompok akan di kelompokkan lagi menjadi empat kelompok yang di sebut kuartil. Tabel 3 dan Tabel 4 menunjukkan pengelompokkan data untuk semua *event*.

Tabel 3. Pengelompokkan berdasarkan intensitas hujan maksimum

Kuartil	Range data
1	$R_{\max} \leq 32.1418$
2	$32.1418 < R_{\max} \leq 61.1527$
3	$61.1527 < R_{\max} \leq 101.4153$
4	$101.4153 \leq R_{\max}$

Koefisien α pada proses *fitting* untuk kedua model dilakukan menggunakan regresi dengan

pendekatan nilai *Sum Square Error* (SSE) terkecil. Koefisien α untuk model *fitting* Morita-Higuti dapat dihitung dengan persamaan (3) sedangkan *fitting* Capsoni ditunjukkan oleh persamaan (4).

$$\alpha_{MH} = \frac{-\sum_d \ln \bar{\rho}_{norm}(d) \sqrt{d}}{\sum_d d} \quad (3)$$

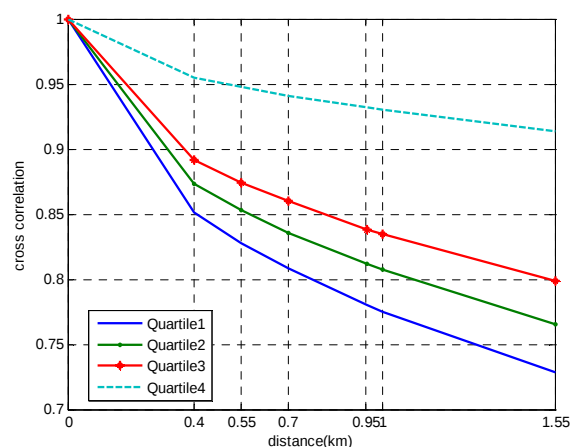
$$\alpha_C = \frac{-\sum_d \ln \bar{\rho}_{norm}(d) d}{\sum_d d^2} \quad (4)$$

dimana α_{MH} adalah koefisien korelasi *fitting* data terhadap model Morita-Higuti, α_C adalah koefisien korelasi *fitting* data terhadap model Capsoni, $\bar{\rho}_{norm}(d)$ adalah korelasi silang rata-rata ternormalisasi dan d adalah jarak antara *rain gauge*.

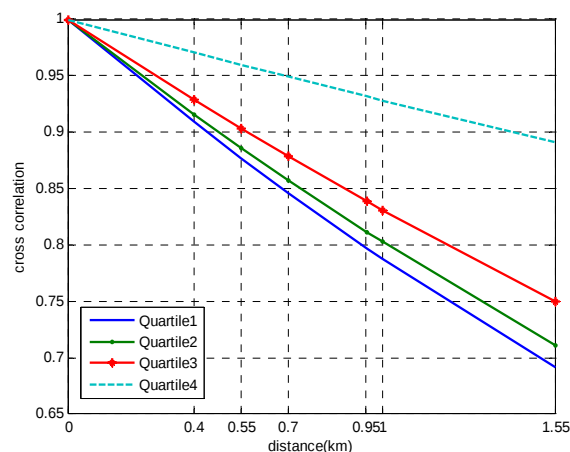
Tabel 4. Koefisien α hasil *fitting* model Morita-Higuti dan Capsoni untuk setiap kuartil data

Kuarti <i>l</i>	Koefisien α (km^{-1}) (<i>Fitting</i> Capsoni)	Koefisien α ($\text{km}^{-1/2}$) (<i>Fitting</i> Morita-Higuti)
1	0.2385	0.2544
2	0.2200	0.2144
3	0.1855	0.1807
4	0.0744	0.0725

Koefisien korelasi hasil *fitting* data curah hujan Surabaya untuk kedua model ditunjukkan oleh Tabel 4. Untuk hasil *fitting* model Morita-Higuti pada kuartil satu dan dua koefisien α berada pada range koefisien Morita-Higuti. Tetapi pada kuartil 3 dan 4 koefisiennya makin kecil bahkan untuk kuartil 4 sangat kecil. Lain halnya dengan koefisien hasil *fitting* Capsoni sangat kecil. Model Capsoni memiliki koefisien α sebesar $0,46 \text{ km}^{-1}$ yang berarti bahwa dalam $2,2 \text{ km}$ koefisien korelasinya akan turun $0,3679$ sedangkan data Surabaya untuk kuartil 3 dengan koefisien α 0.1855 km^{-1} pada $5,5 \text{ km}$ baru akan turun $0,3679$. Hal ini menandakan bahwa sel hujan untuk wilayah Surabaya sangat besar. Berdasarkan nilai SSE pada masing-masing model maka model Morita-higuti merupakan model yang paling mendekati untuk data Surabaya. Hal ini dimungkinkan terjadi karena wilayah geografis Surabaya mirip dengan Jepang.



Gambar 8. Model korelasi spasial hasil *fitting* model Morita-Higuti



Gambar 9. Model korelasi spasial hasil *fitting* model Capsoni

Gambar 8 dan 9 menunjukkan grafik model korelasi dari *fitting* model Morita-Higuti dan Capsoni. Untuk semua kuartil korelasinya turun sebagai fungsi jarak. Pada kuartil 4 memiliki korelasi yang sangat tinggi yaitu 0.92 untuk *fitting* model Morita-Higuti dan 0.89 untuk *fitting* model Capsoni. Hal ini menunjukkan pula bahwa sel hujan untuk wilayah Surabaya sangat besar.

4. KESIMPULAN

Pengukuran curah hujan secara spasial pada beberapa lokasi penting untuk dilakukan mengingat variasi curah hujan bergantung dengan letak geografis dan iklim suatu tempat. Penelitian ini menghasilkan :

1. Distribusi curah hujan dan redaman spesifik adalah lognormal pada probabilitas *outage* diatas $0,9 \%$ dan dibawah $0,8 \%$.
2. Koefisien korelasi curah hujan fungsi jarak untuk kelompok event hujan tinggi diatas $61, 1527 \text{ mm/jam}$ dari tiap pasangan *rain gauge* memiliki nilai yang tinggi. Hal ini menunjukkan variasi spasial untuk wilayah Surabaya dengan

jarak yang paling jauh 1,55 km sangat kecil atau bisa dikatakan tidak bervariasi.

3. Model Korelasi spasial intensitas hujan yang mendekati hasil pengukuran di Surabaya adalah model Morita-Higuti dengan nilai SSE yang kecil. Untuk *event* hujan dengan intensitas hujan antara 61,15 mm/jam dan 101,41 mm/jam memiliki persamaan $\rho(d) = \exp(-0,1586\sqrt{d})$ sedangkan untuk intensitas hujan lebih besar 101,41 mm/jam memiliki persamaan $\rho(d) = \exp(-0,0725\sqrt{d})$. Dari persamaan yang didapatkan menunjukkan bahwa untuk wilayah Surabaya memiliki sel hujan yang besar.

PUSTAKA

- Salehudin, M., Hanantasena, B., Wijedeman, L. (1999). *Ka-Band Line-of-Sight Radio Propagation Experiment in Surabaya Indonesia*. Proceedings of 5th Ka-Band Utilization Conference, Taormina, Italy, hal. .161-165.
- Morita K. dan Higuti I. (1978). *Statistical Studies on Rain Attenuation and Site Diversity Effect on Earth to Satellite Links in Microwave and Millimeter Wavebands*. The Transactions of The IECE of Japan, Vol. E 61, No. 6.
- Capsoni, Matricciani, Mauri, (1981). *Radar derived statistics of rain profile slant path*. URSI 20th General Assembly, pp 50-57
- Lin, S.H, (1975). *Method for calculating Rain Attenuation Distribution on Microwaves Paths*. Bell syst. Tech. J., vol.54, no.6, hal. 1051.
- Manabe T, Kobayashi H, Ihara T, Furuhami Y, (1986). *Spatial correlation coefficients of rainfall intensity inferred from statistics of rainfall intensity and rain attenuation*. ANN Telecommunication, vol 41 no.9-10 hal 463-469
- Novalynx (1997). Instruction Manual Model260-2501 & 260-2501 M Tipping bucket Rain gauge.