

# Karakterisasi Variasi Spasial Temporal Sel Hujan di Surabaya

Sis Soesetijo<sup>\*)</sup>, Achmad Mauludiyanto<sup>\*\*)</sup>, Gamantyo Hendratoro<sup>\*\*)</sup>

<sup>\*)</sup> Electrical Engineering Department, Universitas Surabaya  
Jalan Raya Kalirungkut, Surabaya 60293  
email: ssoesetijo@ubaya.ac.id

<sup>\*\*)</sup> Electrical Engineering Department, Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111  
email: {maulud, gamantyo}@ee.its.ac.id

**Abstract**—This paper present the study of spatio-temporal variability of rain rates to obtain a reliable characterization parameter like direction of propagation of rain cells, stratiform and convective rain event. The result show that the 87.25% of the characterized rain events have stratiform character and stratiform rain events have lower spatio-temporal correlation than convective. This work will apply to the design of site diversity at millimetre wave radio links.

**Keywords**-- spatio-temporal variability; rain cell; rain event; cross-correlation; site diversity

## I. PENDAHULUAN

*Fade Mitigation Techniques* (FMT), merupakan suatu teknik pada sistem komunikasi radio yang dapat melakukan kompensasi pengaruh efek redaman akibat hujan. Tujuan FMT adalah dapat merancang sistem komunikasi yang dapat memaksimalkan penggunaan keseluruhan kanal komunikasi dengan memenuhi persyaratan QoS. Agar dapat mengendalikan faktor FMT secara tepat, membutuhkan pengetahuan yang tepat dan baik tentang karakteristik statistik dan dinamis dari curah dan redaman hujan, di mana hal ini merupakan sumber utama dari gangguan kanal pada gelombang milimeter (di atas frekuensi 10 GHz)[1]. Karakteristik curah hujan yang dibutuhkan adalah karakteristik yang mampu mewakili sifat curah hujan secara komprehensif, yang melibatkan domain waktu dan ruang.

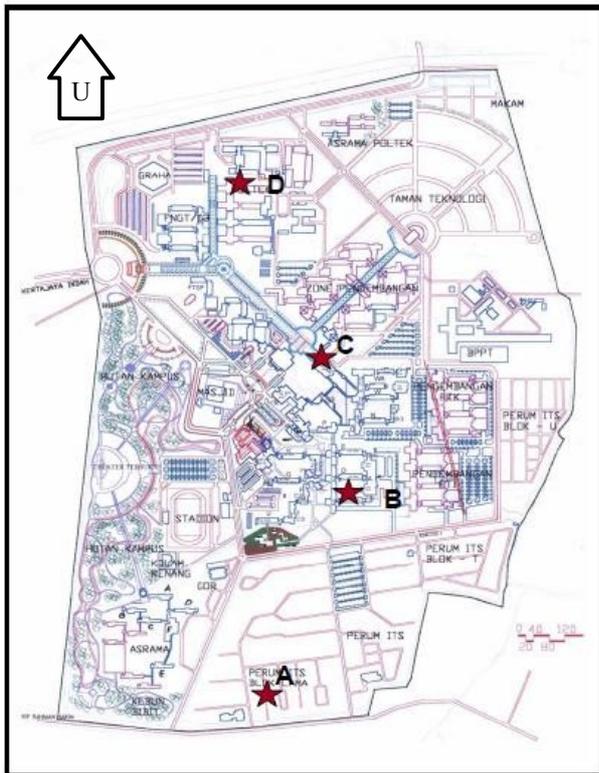
Penelitian terkait karakteristik hujan secara spasial-temporal terdapat pada makalah [2] dan [3]. Makalah [2] membahas tentang karakterisasi variasi spasial temporal curah hujan di Spanyol. Pada makalah ini memperoleh hasil bahwa hujan akan menurun intensitasnya dengan meningkatnya jarak dan waktu. Penelitian ini menggunakan tiga ambang maksimal intensitas hujan yaitu 2 mm/jam, 10 mm/jam dan 25 mm/jam dan menggunakan 4 lokasi pengukuran intensitas hujan yang masing-masing berjarak 37.4 km, 52.7 km dan 80.8 km terhadap satu lokasi referensi. Semakin tinggi intensitas hujan semakin rendah korelasinya. Nilai korelasi tercapai maksimal pada nilai intensitas hujan 2 mm/jam. Pada posisi *lag* 60 menit tercapai korelasi nol pada ketiga nilai ambang intensitas hujan. Penggunaan 3 nilai ambang intensitas hujan masih tergolong hujan *stratiform* yaitu intensitas hujan di bawah 25 mm/jam, namun hujan *convective* (di atas 25 mm/jam) tidak dibahas dalam penelitian ini.

Penelitian [3] hanya membahas karakterisasi variasi spasial saja pada curah hujan di Surabaya. Penelitian ini menggunakan 4 lokasi pengukuran (A, B, C dan D) intensitas hujan dengan jarak link maksimal 1550 m (lokasi A-D) dan jarak link minimal (lokasi B-C) adalah 400 m. Klasifikasi intensitas hujan menggunakan 4 kuartile dengan nilai kuartile terendah 32.14 mm/jam. Secara umum diperoleh hasil bahwa terdapat variasi spasial yang sangat kecil terhadap masing-masing lokasi pengukuran hujan. Model variasi spasial hujan di Surabaya ini lebih mendekati model variasi Morita-Higuti di Jepang. Namun pada penelitian ini tidak secara rinci mengelompokkan hujan berdasarkan hujan stratiform dan hujan convective sehingga variasi spasialnya nampak sangat kecil.

Makalah ini membahas karakterisasi variasi spasial-temporal curah hujan di Surabaya pada periode hujan dari Januari 2008 – Pebruari 2009 dengan klasifikasi hujan stratiform dan convective. Analisis karakterisasi ini menggunakan arah propagasi Selatan-Utara, karena pada arah ini terjadi redaman hujan maksimal. Seperti disampaikan pada penelitian [4] bahwa redaman hujan maksimal terjadi apabila arah propagasi radiolink tegak lurus terhadap arah angin dan menggunakan polarisasi horisontal. Oleh karena pada musim hujan, arah terbanyak pada angin barat, maka pemilihan link Selatan-Utara merupakan pilihan yang sesuai.

## II. SISTEM PENGUKURAN

Penelitian ini menggunakan *rain gauge* dengan tipe 8'' *Tipping bucket* model 260-2501. Lokasi pengukuran curah hujan adalah di kampus ITS Surabaya, Jawa timur. Kota Surabaya berada pada 07° 21' Lintang Selatan dan 112° 36' - 112° 54' Bujur Timur. Surabaya memiliki dua daerah yaitu dataran rendah dengan ketinggian 3-6 meter (dpl) dan dataran tinggi pada 25-50 meter (dpl). Lokasi yang diambil untuk penempatan rain gauge pada penelitian tampak pada gambar 1 berikut yaitu gedung PENS ITS (D), gedung perpustakaan (C), gedung jurusan Teknik Elektro (B) dan gedung *Medical Center* ITS (A). Data pengukuran curah hujan yang tercatat pada rain gauge adalah txt, berupa kumpulan tips dari *bucket* yang terisi air hujan. Untuk mendapatkan nilai curah hujan dalam mm/jam perlu dikonversikan dari data txt dengan periode sampling 60 detik.



Gambar 1. Sistem Pengukuran Intensitas Hujan

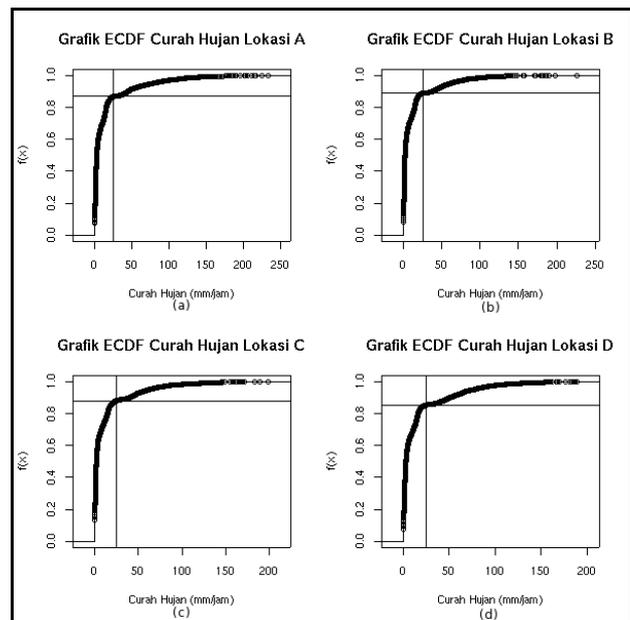
Jarak lokasi pengukuran intensitas hujan tercantum pada tabel 1 berikut ini. Terdapat 6 pasang kombinasi pengukuran variasi spasial-temporal dengan orientasi link Selatan-Utara yaitu link A-D, A-C, B-D, A-B, C-D dan link B-C.

Tabel 1. Jarak Antar Lokasi Pengukuran

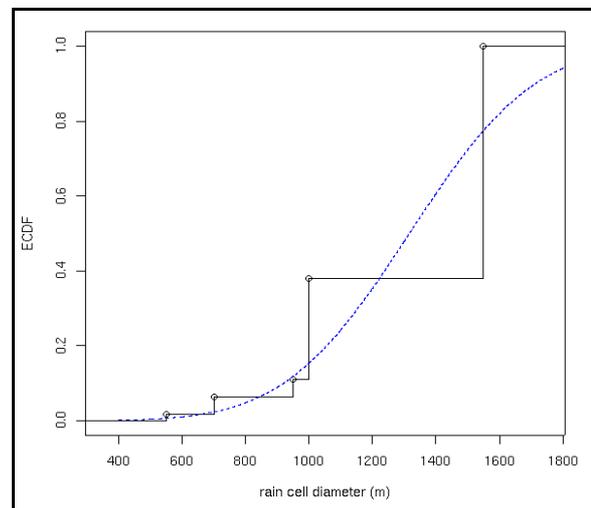
Lokasi	Jarak (m)
A - D	1550
A - C	1000
B - D	950
A - B	700
C - D	550
B - C	400

### III. KARAKTERISTIK SEL HUJAN

Periode pengukuran intensitas hujan selama 7 bulan dari bulan Januari 2008 sampai dengan Pebruari 2009 didapatkan grafik distribusi marginal curah hujan untuk masing-masing lokasi pengukuran. Grafik distribusi pada gambar 2 ini menunjukkan bahwa hujan di Surabaya tergolong hujan stratiform dengan prosentase rata-rata sebesar 87.25% untuk semua lokasi pengukuran intensitas hujan [5]. Penelitian [5] membuktikan bahwa hujan stratiform ini mengakibatkan dimensi sel hujan di Surabaya berukuran besar dengan diameter sel hujan di atas dan sama dengan 1550 m mempunyai prosentase 61.9%. Distribusi sel hujan di Surabaya ditunjukkan pada gambar 3 berikut.



Gambar 2. Distribusi Marginal Intensitas Hujan



Gambar 3. Distribusi Sel Hujan

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menganalisis variasi spasial-temporal curah hujan, pada makalah ini dipilih event hujan tanggal 9 Maret 2008 sebagai hujan stratiform dan event hujan tanggal 28 Pebruari 2008 sebagai hujan convective. Kemudian akan dianalisis secara keseluruhan event yang terjadi selama periode pengukuran. Event hujan merupakan awal hujan mulai sampai hujan tersebut berakhir.

Karakteristik event hujan tanggal 9 Maret 2008 ditunjukkan pada tabel 2 sedangkan karakteristik event hujan tanggal 28 Pebruari 2008 ditunjukkan pada tabel 3 berikut ini. Kedua tabel nampak bahwa intensitas hujan maksimal pada masing-masing event tergolong stratiform untuk event hujan 9 Maret 2008 yang berdurasi 86 menit dan tergolong convective untuk event hujan 28 Pebruari 2008 yang berdurasi 90 menit.

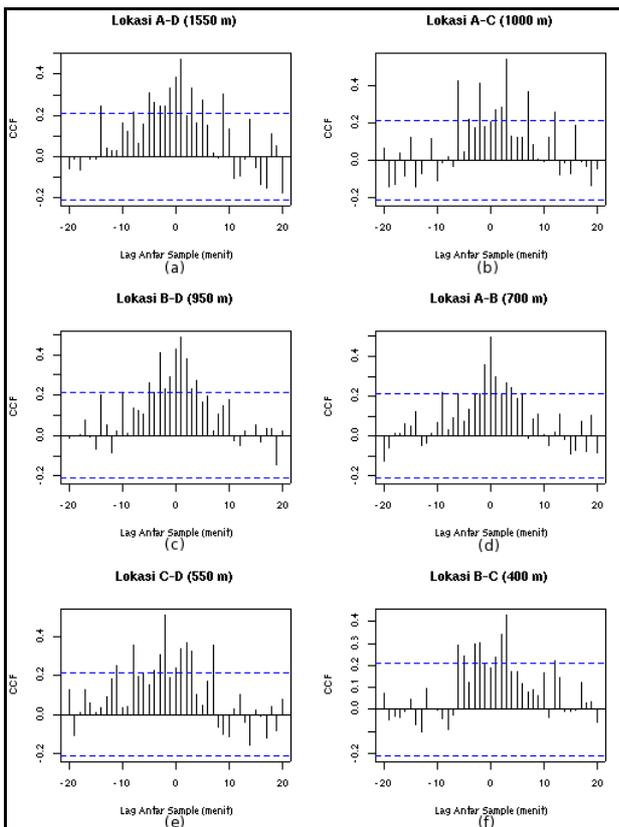
Tabel 2. Karakteristik Event Hujan 9 Maret '08

Lokasi	R-max (mm/jam)	Rata-rata (mm/jam)
A	18.34	4.97
B	17.47	4.78
C	15.09	2.53
D	14.83	4.23

Tabel 3. Karakteristik Event Hujan 28 Feb '08

Lokasi	R-max (mm/jam)	Rata-rata (mm/jam)
A	176.78	50.03
B	186.06	55.9
C	83.61	24.9
D	181.49	53.43

Korelasi silang merupakan parameter yang merefleksikan kesamaan (the equally) antara dua variabel. Pada kasus antar lokasi rain gauge, nilai korelasi silang terukur apabila terdapat hujan pada saat yang sama di kedua lokasi rain gauge.

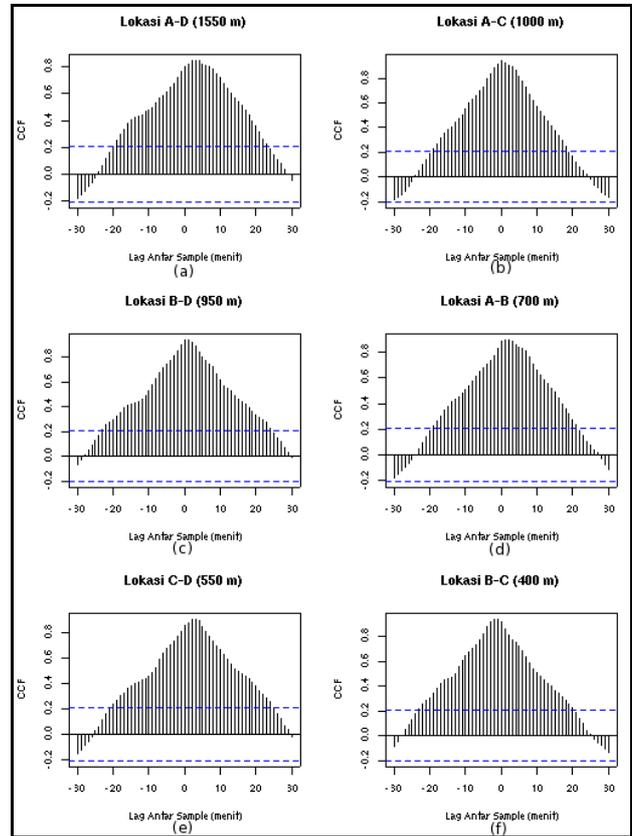


Gambar 4. Korelasi Silang Event Hujan 9 Maret '08

Nilai korelasinya berada pada interval -1 dan 1. Apabila nilainya nol, maka antara kedua lokasi tidak terdapat hubungan, intensitas hujan pada satu lokasi tidak ada pengaruhnya pada intensitas hujan pada lokasi lainnya. Sedangkan apabila korelasinya bernilai 1 maka terdapat hubungan langsung antara dua variabel pada dua

lokasi hujan demikian juga sebaliknya pada korelasinya bernilai -1.

Terdapat 6 pasang link orientasi propagasi Selatan-Utara yang dihitung nilai korelasi silangnya dengan jarak yang bervariasi dari terjauh sampai terdekat dan menggunakan nilai *time-lag*-nya bervariasi dari interval -30 menit sampai +30 menit. Analisis menggunakan dua klasifikasi event hujan *stratiform* dan *convective*.



Gambar 5. Korelasi Silang Event Hujan 28 Feb '08

Gambar 4 dan 5 menunjukkan bahwa dalam satu event hujan yang sama, variasi spasial sangat kecil. Gambar 4(a) yang merupakan jarak link terjauh 1550 m sampai dengan gambar 4(f) yang merupakan jarak link terpendek 400 m menunjukkan tidak ada perubahan nilai korelasinya. Demikian juga pada gambar 5 yang merupakan event hujan convective, tidak nampak signifikan variasi spasialnya. Dari analisis semua event hujan selama periode pengukuran ini dapat diduga bahwa ukuran sel hujan di Surabaya adalah besar di atas 1550 m. Angka pastinya tidak diketahui karena jarak pengukuran hanya sampai 1550 m. Dugaan ini sesuai dengan penelitian [5] bahwa diameter sel hujan lebih besar dan sama dengan 1550 m yang disebabkan oleh hujan stratiform.

Event hujan stratiform (gambar 4) mempunyai korelasi yang lebih rendah dibandingkan event hujan convective (gambar 5). Secara keseluruhan selama periode pengukuran intensitas hujan dari Januari 2008 sampai Pebruari 2009, event hujan stratiform memiliki korelasi yang lebih rendah dibandingkan event hujan convective dengan variasi spasial yang sangat kecil. Lebih jelasnya bahwa semakin besar intensitas hujannya

semakin besar pula nilai korelasinya. Hasil ini berbeda dengan makalah [2] di mana semakin besar intensitas hujannya semakin kecil nilai korelasinya.

Sedangkan apabila diamati *time-lag*-nya, nampak bahwa nilai korelasinya turun perlahan sampai mendekati menit ke 30 untuk event hujan convective. Untuk event hujan stratiform, nilai korelasinya turun lebih cepat sampai mendekati menit ke 10 dibandingkan event hujan convective. Dari sini nampak bahwa periode event stratiform lebih pendek dibandingkan event hujan convective.

## V. KESIMPULAN

Terdapat beberapa kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini yaitu :

Intensitas hujan semakin berkurang seiring meningkatnya waktu dan jarak, walau pada fungsi jarak variasi spasialnya kecil namun terdapat kecenderungan tersebut. Event hujan stratiform mempunyai korelasi spatio-temporal yang lebih rendah dibandingkan event hujan convective.

Kecilnya variasi spasial tersebut dapat digunakan untuk menduga bahwa ukuran sel hujan di Surabaya adalah besar di atas 1550 m, dalam aplikasi *site diversity* hal ini berarti bahwa jarak minimal antar *site* harus di atas 1550 m. Angka pastinya tidak diketahui karena keterbatasan jarak pengukuran hanya sampai 1550 m saja.

Periode hujan pada event hujan stratiform lebih pendek daripada event hujan convective.

## REFERENCES

- [1] L.J. Ippolito, "Propagation Effects and System Performance consideration for satellite communications above 10 GHz", in *Proc. IEEE Global Telecommunications Conf. Dec 2-5, 1990, pp 89-91*
- [2] Juan Antonio Romo, Ignacio Fernandez Anitzine, Fernando Andreu, Fernando Perez Fontan, "Characterization Of Time and Space Variability Of The Rain Cells And Front", European Conference On Antenna and Propagation 2006 (EuCAP 2006)
- [3] Ari Wijayanti, "Karakterisasi Variasi Spasial Curah Hujan Dan Redaman Spesifik Di Surabaya", Tesis Magister Teknik Elektro ITS Surabaya, Juli 2008
- [4] Syahfrizal Tahcfullloh, "Penggunaan ACM dan MRC Untuk Mitigasi Pengaruh Redaman Hujan dan Interferensi Pada Sistem LMDS Di Surabaya", Tesis Magister Teknik Elektro ITS Surabaya, Januari 2010
- [5] Sis Soesetijo, "Implementasi Vector AR Dengan Uji Granger Causality Untuk Pemodelan Deret Ruang Waktu Curah Hujan Di Surabaya", Tesis Magister Teknik Elektro ITS Surabaya, Januari 2010
- [6] S. A. Callaghan, E. Vilar, "Spatial Variation of Rain Fields in The South of England, 1<sup>st</sup> International Workshop COST 280, July 2002