

## KORELASI REDAMAN HUJAN *SYNTHETIC STORM TECHNIQUE* (SST) UNTUK DESIGN WIRELESS BROADBAND

Haniah Mahmudah, Ari Wijayanti

Electronics Engineering Polytechnic Institute of Surabaya-ITS  
Kampus ITS, Keputih-Sukolilo, Surabaya-60111, Indonesia,  
E-mail: haniah@eepis-its.edu

### ABSTRAK

Estimasi redaman hujan *Synthetic Storm Technique* (SST) multilink pada outage probability 0,1%-0,01% mendekati redaman hujan ITU-R P.530-10 sedangkan pada outage kurang dari 0,01% redaman hujan SST multilink sangat besar dibandingkan ITU-R P.530-10 memberikan fade margin sebesar 7 dB. Perhitungann redaman hujan SST multilink dipengaruhi beberapa faktor yaitu intensitas hujan sebagai fungsi waktu, data cuaca berupa kecepatan dan arah angin serta letak suatu link. Untuk panjang link 1 km, 2 km dan 3 km dengan sudut antar link  $45^0$  dan  $90^0$  menghasilkan koefisien korelasi redaman hujan dengan nilai korelasi redaman hujan antara 0,9 – 0,7 sedangkan sudut antar link  $135^0$  dan  $180^0$  menghasilkan koefisien korelasi yang kecil dengan nilai korelasi redaman hujan antara 0,7 – 0,5. Untuk nilai rata-rata dan standar deviasi dengan panjang link 1-3 km dari perhitungan redaman hujan SST di link reference timur dengan hasil semakin panjang link maka nilai rata-rata akan semakin besar sedangkan semakin besar panjang link maka nilai standar deviasi semakin besar.

Kata Kunci: korelasi redaman hujan, rata-rata, standar deviasi

### 1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi layanan broadband yaitu *high speed internet, digital video, audio broadcasting, video conference* dan lain-lain dengan kapasitas tinggi dan bandwidth lebar dari suatu pemancar sentral ke pelanggan dengan menggunakan *Broadband Wireless Access (BWA)* atau *Local to Multipoint Distribution System (LMDS)* terus meningkat dengan cepat (Panagopoulos, 2002). LMDS adalah sistem komunikasi *fixed wireless access, line of sight (LOS) point to multipoint* yang beroperasi pada frekuensi gelombang millimeter yaitu antara 20-40 GHz. Permasalahan pada sistem yang menggunakan frekuensi diatas 10 GHz adalah mempunyai redaman yang cukup besar terutama redaman yang diakibatkan oleh hujan sehingga bisa menurunkan performansi dari sistem (Kanellopoulos, 1991).

Statistik redaman hujan sangat diperlukan untuk desain sistem komunikasi gelombang millimeter untuk terrestrial terutama untuk perhitungan link budget. Banyak metode yang telah dikembangkan untuk memprediksi redaman hujan menggunakan data pengukuran intensitas hujan. Untuk memperoleh statistik redaman hujan dengan mempertimbangkan sifat-sifat mikrofisik dan makrofisik maka redaman hujan dapat dihitung dengan menggunakan pengukuran curah hujan langsung dan data cuaca dengan mempertimbangkan arah dan kecepatan angin menggunakan metode *Synthetic Storm Technique* (SST) untuk memprediksi redaman hujan sepanjang link (Rogers, 1976) (Kanellopoulos, 1986). Kanellopoulos and Kafetzis menunjukkan bahwa prediksi redaman hujan menggunakan SST untuk satu link komunikasi

terrestrial di Athena (Kanellopoulos, 1986). Fontan, dkk menunjukkan hasil prediksi redaman hujan SST mempunyai hasil yang sama dengan pengukuran langsung untuk daerah Wessling (Fontan, 2005). Kanellopoulos, dkk juga mensimulasikan statistik redaman *annual/seasonal* and *diurnal* pada frekuensi 12 GHz untuk komunikasi satelite (Sotirios, 2006).

Perhitungan redaman hujan menggunakan SST multilink menggunakan pengukuran intensitas hujan dengan raingauge yang diletakkan pada lokasi PENS-ITS Surabaya. Daerah ini mempunyai intensitas hujan tropis yang deras terutama pada bulan Nopember-Maret. Perhitungan redaman hujan SST multilink dengan asumsi bahwa lokasi link *reference* adalah timur, dan letak link yang lain berada pada arah berlawanan jarum jam dengan beda sudut antar link  $45^0$ ,  $90^0$ ,  $135^0$  and  $180^0$  terhadap link *reference*. Panjang dua link diasumsikan sama dengan panjang link masing-masing 1-3 km. (Mahmudah, 2008). Pada penelitian ini diperoleh data statistik redaman hujan berupa korelasi spatial redaman hujan antara dua link yang konvergen dengan link reference berada di timur dari perhitungan redaman hujan SST multilink, rata-rata redaman hujan dan standar deviasi. Hasil data statistik redaman hujan ini dapat digunakan untuk simulasi pembangkitan redaman hujan yang selanjutnya dapat digunakan untuk perhitungan diversity gain.

### 2. SYNTHETIC STORM TECHNIQUE (SST)

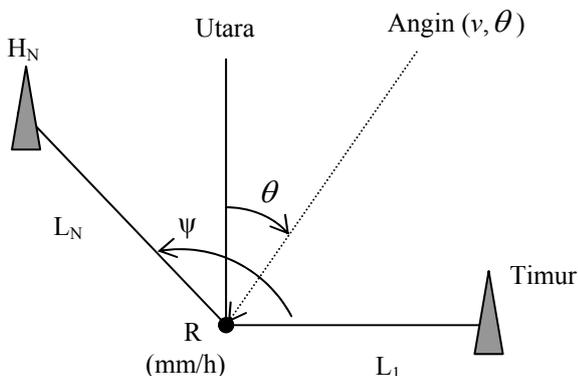
Perhitungan redaman hujan SST multilink menggunakan kecepatan angin ( $v$ ) dan arah angin ( $\theta$ ). Konfigurasi link seperti ditunjukkan pada

Gambar 1. Pada Gambar 1,  $L_N$  adalah panjang link ke-N yang berbeda sudut  $\psi$  dengan arah berlawanan dengan jarum jam dari arah Timur.

Kecepatan angin di link harus memperhatikan letak link komunikasi dan arah angin. Arah angin dengan sudut kedatangan ( $\theta$ ) dan kecepatan angin ( $v$ ) maka kecepatan angin di link. Parameter-parameter pengukuran yaitu waktu sampling disdrometer, kecepatan dan arah angin digunakan untuk mengitung panjang segmen sepanjang lintasan  $\Delta L = v_r \cdot T$ . Redaman hujan SST pada setiap link dapat dihitung menggunakan persamaan (Kanellopoulos, 1986).

$$A(n) = \sum_{m=0}^{N-1} aR_{(n-m)}^b \Delta L_m \quad (1)$$

dengan  $a$  dan  $b$  adalah konstanta yang diperoleh dari ITU-R.P.838 recommendation untuk frekuensi 30 GHz (ITU-R, 2001)



Gambar 1. Konfigurasi link (Mahmudah, 2008)

### 3. PENGUKURAN DAN ANALISA

#### a. Sistem Pengukuran

Sistem pengukuran intensitas hujan sebagai fungsi waktu menggunakan peralatan raingauge yang diletakkan di PENS-ITS Surabaya. Pengukuran intensitas hujan pada periode Desember 2007 sampai April 2008. Pengukuran curah hujan digunakan untuk perhitungan redaman hujan SST multilink (Mahmudah, 2008).

Redaman hujan SST multilink digunakan untuk memperoleh statistik redaman hujan yang berupa korelasi spasial redaman hujan antara dua link yang konvergen dengan asumsi bahwa lokasi link reference adalah timur, dan letak link yang lain berada pada arah berlawanan jarum jam dengan beda sudut antar link  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $135^\circ$  and  $180^\circ$  terhadap link reference. Kondisi link komunikasi *line of sight* (LOS) dan panjang dua link diasumsikan sama dengan panjang link masing-masing 1-3 km. Sudut antar dua link adalah  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $135^\circ$  and  $180^\circ$ . Sedangkan rata-rata dan standar deviasi hanya untuk link reference berada di timur dengan panjang link 1-3 km.

Tabel 1 menunjukkan panjang link 1-3 km untuk *outage probability* 0,01% redaman hujan SST multilink mempunyai redaman yang terbesar pada lokasi link utara atau link dengan beda antar sudut  $90^\circ$  terhadap link reference dengan panjang link 1 km 24,25 dB, panjang link 2 km sebesar 47,32 dB dan panjang link 3 km sebesar 66,70 dB. Dengan semakin panjang link maka redaman hujan akan semakin besar.

Table 1. Redaman hujan pada *outage probability* 0,01%

Lokasi	Redaman hujan (dB)		
	1 km	2 km	3 km
Link $0^\circ$	23,00	45,57	61,65
Link $45^\circ$	23,10	43,58	61,85
Link $90^\circ$	24,25	47,32	66,70
Link $135^\circ$	23,60	44,30	62,05
Link $180^\circ$	23,47	45,56	61,67

Hasil korelasi spasial redaman hujan antara dua link komunikasi yang konvergen seperti pada Tabel 2. Untuk panjang link 1 km, 2 km dan 3 km dengan sudut antar link  $45^\circ$  dan  $90^\circ$  menghasilkan koefisien korelasi redaman hujan dengan nilai korelasi redaman hujan antara 0,9 – 0,7 seperti pada Tabel 2. Hal ini menunjukkan bahwa link yang satu masih berkorelasi dengan link yang lain. Untuk sudut antar link  $135^\circ$  dan  $180^\circ$  menghasilkan koefisien korelasi yang kecil dengan nilai korelasi redaman hujan antara 0,7 – 0,5. Demikian juga, korelasi redaman hujan dengan semakin panjang link maka koefisien korelasi redaman hujan akan semakin kecil. Begitu juga dengan semakin besar sudut antar link akan menghasilkan koefisien korelasi yang kecil.

Tabel 2. Korelasi redaman hujan SST untuk panjang link 1-3 km.

$L_1$ (km)	$L_2$ (km)	Sudut ( $^\circ$ )	$\rho_{SST}$
1	1	$45^\circ$	0,9065
		$90^\circ$	0,8467
		$135^\circ$	0,7132
		$180^\circ$	0,6784
2	2	$45^\circ$	0,8484
		$90^\circ$	0,7434
		$135^\circ$	0,6139
		$180^\circ$	0,5996
3	3	$45^\circ$	0,8103
		$90^\circ$	0,6869
		$135^\circ$	0,5717
		$180^\circ$	0,5371

Perhitungan redaman hujan SST multilink digunakan untuk menghitung rata-rata dan standar deviasi redaman hujan. Hasil rata-rata dan standar deviasi untuk link *reference* timur dengan hasil semakin panjang link maka nilai rata-rata akan semakin besar. Sedangkan standar deviasi untuk

panjang link 1 km, 2 km dan 3 km mempunyai nilai semakin besar. Hasil perhitungan rata-rata dan standar deviasi dari log redaman hujan SST seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata dan standar deviasi dari log redaman hujan SST untuk panjang link 1 km, 2 km dan 3 km.

Panjang Link (km)	Rata-rata	Standar deviasi
1	-1,0539	2,0574
2	-0,4554	2,1248
3	-0,1321	2,1719

#### 4. DISKUSI

Hasil perhitungan redaman hujan SST untuk daerah tropis untuk panjang link 1- 3 km dan outage probability 0,01 % mempunyai redaman hujan yang sangat besar dibandingkan ITU-R P.530-10 dan memberikan fade margin yang lebih besar 7 dB hal ini sangat dibutuhkan untuk mendesain sistem komunikasi yang realible (handal) terhadap redaman hujan. Dalam desain sistem LMDS terutama perhitungan link budget sangat membutuhkan nilai redaman hujan sehingga apabila menggunakan perhitungan redaman hujan SST harus memperhatikan data cuaca berupa kecepatan dan arah angin, letak suatu link karena sangat berpengaruh terhadap perhitungan redaman hujan. Untuk korelasi redaman hujan dengan sudut antar link  $45^{\circ}$  dan  $90^{\circ}$  menghasilkan koefisien korelasi redaman hujan yang sangat besar 0,9 - 0,7 sedangkan sudut antar link  $135^{\circ}$  dan  $180^{\circ}$  menghasilkan koefisien korelasi yang kecil 0,7 - 0,5 sehingga untuk dapat digunakan untuk aplikasi salah satu teknik mengatasi redaman hujan dengan menggunakan cell-site diversity. Hasil korelasi redaman hujan SST multilink, rata-rata dan standar deviasi dapat digunakan untuk simulasi pembangkitan redaman hujan yang selanjutnya dapat digunakan untuk beberapa teknik mitigasi diantaranya *cell-site diversity*, *modulasi adaptive*, *power control*, dan lain-lain.

#### 5. KESIMPULAN

Perhitungan redaman hujan SST multilink untuk daerah tropis untuk panjang link 1- 3 km dan *outage probability* 0,01% mempunyai redaman hujan yang sangat besar dibandingkan ITU-R P.530-10 dan memberikan fade margin yang lebih besar 7 dB. Untuk korelasi redaman hujan dengan sudut antar link  $45^{\circ}$  dan  $90^{\circ}$  menghasilkan koefisien korelasi redaman hujan yang sangat besar 0,9 - 0,7 sedangkan sudut antar link  $135^{\circ}$  dan  $180^{\circ}$  menghasilkan koefisien korelasi yang kecil 0,7 - 0,5. Untuk nilai rata-rata dan standar deviasi dengan panjang link 1-3 km dari perhitungan redaman hujan SST di link reference timur dengan hasil semakin panjang link maka nilai rata-rata akan semakin besar

sedangkan semakin besar panjang link maka nilai standar deviasi semakin besar.

#### PUSTAKA

- F.P. Fontan, A. Nunez, A. Valcarce and U.C.Fiebig (2005), "Converting Simulated Rain-rate Series into Attenuation Series Using the Synthetic Storm Technique", *COST 280 PM9104 3<sup>rd</sup> International Workshop*.
- ITU-R Rec. P.530-10 (2001), "Propagation Data and Prediction Methods Required for the Design of Terrestrial Line of Sight Systems".
- ITU-R Rec. P.838 (1992.), "Specific Attenuation Model for Rain for Use in Prediction Methods".
- Kanellopoulos J.D, Koukolas S.G (1991), "Outage Performance Analysis of Route Diversity Systems of Cellular Structure, *Radio science Vol.26, Number 4*, hal.891-899.
- Kanellopoulos J. D. dan Kafetzis P (1986), "Comparison of the synthetic Storm Technique with a Conventional Rain Attenuation Prediction Model", *IEEE Transaction on Antennas and Propagation*, Vol AP-34 no. 5, hal 713-715.
- Mahmudah H, Wijayanti A, Hendratoro G, Mauludiyanto A, Matshusima (2008) "Analysis of Rain Attenuation Statistics in Surabaya using Synthetic Storm Technique fo Tropical Millimeter-Wave Wireless Design", *Wireless Optical Communication Network WOCN*.
- Panagopoulos A D. and Kanellopoulos J.D (2002)., "Cell-Site Diversity Performance of Millimeter-Wave Fixed Cellular Systems Operating at Frequencies Above 20 GHz", *IEEE Antennas And Wireless Propagation Letters*, Vol. 1, hal. 183-185.
- Rogers R.R (1976), "Statistical Rainstorm Models: Their Theoretical And Physical Foundations", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, July, hal. 547-565.
- Sotirios A. Kanellopoulos, Athanasios D. Panagopoulos, Emilio Matricciani and John D. Kanellopoulos (2006),"Annual and Diurnal Slant Path Rain Attenuation Statistic in Athens Obtained with the Synthetic Storm Technique", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, Vol 54 No. 8 August.