

## ESTIMASI REDAMAN HUJAN MENGGUNAKAN SYNTHETIC STORM TECHNIQUE (SST) DAN SEGMENTASI LINK UNTUK GELOMBANG MILLIMETER

Nuradi S<sup>1</sup>, Hanih M<sup>1</sup>, Ari W<sup>1</sup>, Okkie P<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Electronics Engineering Polytechnic Institute of Surabaya-ITS  
Kampus ITS, Keputih-Sukolilo, Surabaya-60111, Indonesia,  
E-mail: hanih@eepis-its.edu

### ABSTRAK

Estimasi redaman hujan dengan metode Segmentasi Link dan metode Synthetic Storm Technique (SST) yang menggunakan data kecepatan dan arah angin dan hasil pengukuran curah hujan menggunakan rain gauge yang ditempatkan di tiga lokasi pengukuran antara lain Medical Centre (site A), Perpustakaan ITS (site B) dan Politeknik ITS (site D). Hasil perhitungan redaman hujan dengan panjang link 1,55 km menggunakan perhitungan redaman hujan metode segmentasi dibandingkan dengan metode  $SST_{Ra}$ ,  $SST_{Rb}$ ,  $SST_{Rd}$  dengan orientasi link utara-selatan untuk outage probability lebih besar dari 0,1% metode segmentasi,  $SST_{Ra}$ ,  $SST_{Rb}$  dan  $SST_{Rd}$  mempunyai redaman hujan yang sama. Sedangkan pada outage probability kurang dari 0,1%  $SST_{Ra}$ ,  $SST_{Rb}$  dan  $SST_{Rd}$  mempunyai redaman hujan yang lebih besar dibandingkan dengan metode segmentasi dengan selisih nilai redaman sebesar 2-3 dB sehingga untuk perhitungan redaman hujan dapat menggunakan hasil pengukuran curah hujan pada tiga lokasi menggunakan metode segmentasi atau perhitungan redaman hujan SST dengan menggunakan salah satu hasil pengukuran curah hujan.

Kata Kunci: redaman hujan, segmentasi, Synthetic Storm Technique (SST)

### 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 system (Kanellopoulos, 1991). Statistik redaman hujan sangat diperlukan untuk desain system komunikasi gelombang millimeter untuk terrestrial. 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 statistik *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 (Kanellopoulos, 1991).

Statistik redaman hujan seperti statistik *fade slope*, statistik *fade duration*, *frequency scaling factor* dan *site diversity gain* dapat digunakan untuk mengkompensasi efek redaman hujan (Gremont, 2004). Efek redaman hujan dapat diatasi dengan teknik mitigasi yaitu *cell-site diversity* sehingga sistem komunikasi nirkabel tetap pada gelombang millimeter dapat diaplikasikan (Panagopoulos, 2002) (Hendrantoro, 2002).

Pada penelitian tentang perhitungan statistik redaman hujan menggunakan *Synthetic Storm Technique (SST)* dan metode *Segmentasi link* dari hasil pengukuran intensitas curah hujan dari rain gauge di tiga titik pengukuran di kawasan ITS antara lain Medical Centre (rain gauge A), Perpustakaan ITS (rain gauge B), dan Politeknik ITS (rain gauge D). Selain itu untuk mengetahui distribusi redaman hujan dari tiga lokasi pengukuran intensitas hujan yang dapat mewakili daerah microcell sehingga dapat menentukan *link availability* (keadaan dimana hubungan link tidak terputus karena lemahnya sinyal). Dari penelitian ini diharapkan memperoleh distribusi redaman hujan yang dapat digunakan untuk perhitungan link budget

yang yang berguna untuk menerapkan sistem LMDS pada negara-negara tropis terutama Indonesia.

## 2. SYNTHETIC STORM TECHNIQUE (SST)

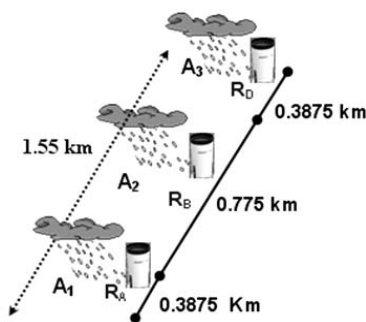
Perhitungan redaman hujan SST menggunakan kecepatan angin ( $v$ ) dan arah angin ( $\theta$ ). Kecepatan angin di link harus memperhatikan letak link komunikasi dan arah angin. Arah angin dengan sudut kedatangan ( $\theta$ ) dan kecepatan angin ( $v$ ) (Mahmudah, 2008). Kecepatan angin di link digunakan untuk menghitung panjang segmen  $\Delta L = v_r \cdot T$ . 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.

## 3. SEGMENTASI

Segmentasi link adalah metode pengukuran redaman hujan sepanjang lintasan, dengan membagi panjang lintasan 1,55 Km tiga segmen lintasan yang lebih kecil, antara lain Site 1 panjang lintasan 0,3875 Km dengan alat ukur rain gauge A, Site 2 panjang lintasan 0,775 Km dengan alat ukur rain gauge B dan Site 3 panjang lintasan 0,3875 Km dengan alat ukur curah hujan rain gauge D seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Jarak alat ukur rain gauge.

$$A_1 = 0,3875 k R_A^\alpha \quad (2)$$

$$A_2 = 0,775 k R_B^\alpha \quad (3)$$

$$A_3 = 0,3875 k R_D^\alpha \quad (4)$$

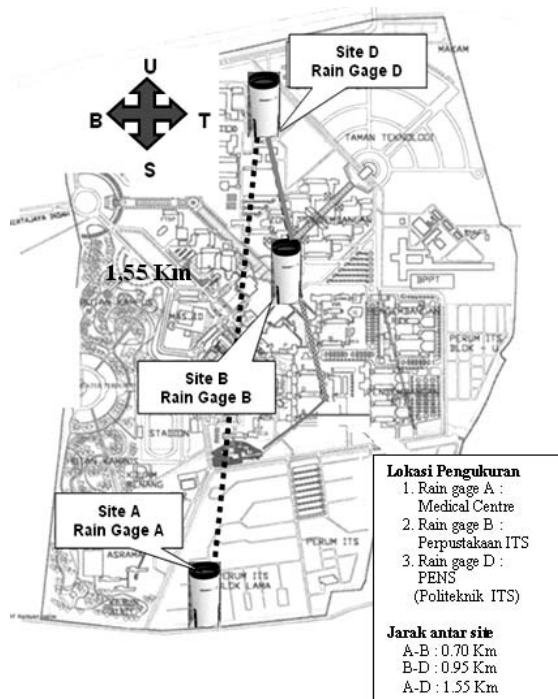
$$A_{total} = A_1 + A_2 + A_3 \quad (5)$$

Untuk menghitung nilai redaman hujan pada lintasan tertentu untuk tiap site A, B, dan D menggunakan data curah hujan (mm/h) pada masing-masing rain gauge tersebut dimasukkan ke Persamaan (2) sampai dengan Persamaan (4), dengan koefisien  $k$  dan  $\alpha$  berdasarkan pada ITU-R P.838 untuk frekuensi 30 GHz dan diperoleh redaman hujan sepanjang lintasan 1, 55 km menggunakan Persamaan (5).

## 4. PENGUKURAN DAN ANALISA

### 4.1 Pengukuran Curah Hujan

Pengukuran curah hujan dilakukan mulai bulan Desember 2007 sampai dengan April 2008 di dalam lingkungan kampus ITS Surabaya (Gambar 2). Alat yang digunakan mengukur curah hujan adalah rain gauge (Gambar 3). Rain gauge A ditempatkan di Medical Centre (site A), rain gauge B ditempatkan di Perpustakaan ITS (site B) dan rain gauge D di Politeknik ITS (site D). Sedangkan alat yang digunakan untuk menyimpan data hasil pengukuran curah hujan dan sebagai konverter USB merupakan rain data logger model 260-2501.



Gambar 2. Lokasi pengukuran

Pengukuran kecepatan dan arah angin diperoleh dari BMG Juanda, Surabaya. Letak pengambilan data intensitas hujan di ITS dan pengambilan data cuaca berupa kecepatan dan arah angin di BMG Juanda memiliki jarak kurang dari 15 km (Merceret, 2006), maka memiliki korelasi spasial pengukuran angin yang tinggi sehingga pada penelitian ini dapat menggunakan data pengukuran angin dari BMG Juanda. Data cuaca berupa kecepatan dan arah angin menggunakan kecepatan rata-rata angin tiap hari dan arah angin yang terbanyak dalam satu hari.

### 4.2 Analisa

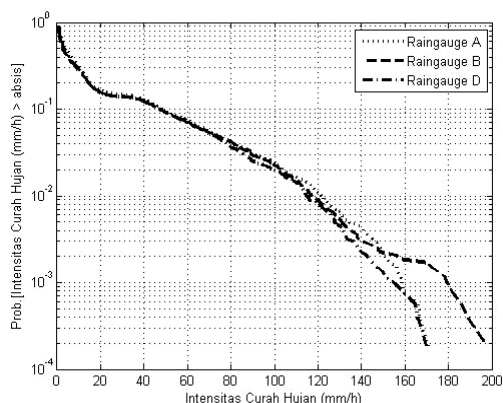
Hasil pengukuran curah hujan rata-rata yang diukur oleh Rain gauge A adalah sebesar 16,04 mm/h, dan memiliki nilai intensitas curah hujan maksimum mencapai 176,80 mm/h. Sedangkan nilai intensitas curah hujan rata-rata rain gauge B adalah 16,72 mm/h dan nilai curah hujan maksimum adalah

226,70 mm/h. Sedangkan pada rain gauge D memiliki nilai intensitas hujan rata-rata sebesar 15,69 mm/h dan curah hujan maksimum adalah 181,50 mm/h. Site A memiliki jumlah curah hujan yang cukup tinggi, sedangkan yang memiliki jumlah curah hujan yang terendah adalah Site B. Namun curah hujan rata-rata yang terbesar terjadi pada Site B, sedangkan rata-rata intensitas curah hujan minimum terjadi pada Site D. Untuk hasil pengukuran curah hujan rata-rata dan maksimum pada ketiga site A, B dan D seperti pada Tabel 1.

Untuk distribusi curah hujan pada tiga lokasi dapat dilihat seperti pada Gambar 3. Sedangkan nilai curah hujan pada setiap outage probability dari tiga lokasi pengukuran dapat dilihat di Tabel 2.

Tabel 1. Perbandingan curah hujan rata-rata dan maksimum pada tiga lokasi pengukuran.

Rain gauge	Jumlah Sample	Intensitas Hujan (mm/h)	
		$R_{rata-rata}$	$R_{maksimum}$
A	4857	16,04	176,80
B	4258	16,72	226,70
D	4562	15,69	181,50



Gambar 3. Kurva distribusi curah hujan dari tiga lokasi pengukuran.

Tabel 2. Outage probability curah hujan pada tiga lokasi pengukuran.

Outage Prob (%)	Curah Hujan (mm/h)		
	$R_A$	$R_B$	$R_D$
$R_{0,5}$	4,28	2,78	3,23
$R_{0,1}$	48,51	47,18	47,66
$R_{0,05}$	74,14	73,56	71,33
$R_{0,01}$	122,19	117,24	115,21
$R_{0,005}$	134,30	130,90	127,80
$R_{0,0001}$	159,01	186,10	164,90

Hasil pengukuran curah hujan digunakan untuk perhitungan redaman hujan menggunakan metode SST dan segmentasi dari pengukuran curah hujan dari tiga lokasi pengukuran curah hujan. Letak ketiga rain gauge A, B dan D membentuk garis lurus dengan arah ke utara-selatan. Sehingga hasil pengukuran intensitas hujan pada masing-masing lokasi A, B, D dan data kecepatan angin rata-rata

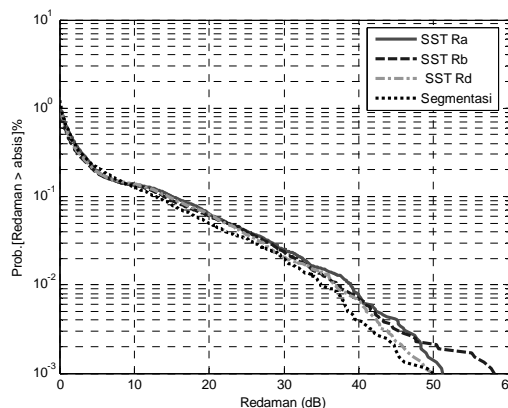
harian dan arah angin terbanyak yang diperoleh dari Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) Juanda Surabaya dengan arah barat-timur dengan persentase 67,03% digunakan untuk menghitung redaman hujan SST sepanjang lintasan 1,55 km dengan orientasi link utara-selatan.

Untuk jumlah sampel redaman hujan untuk rain gauge A memiliki selisih lebih banyak 555 sample dari rain gauge B, dan lebih banyak 314 sample dari rain gauge D. Untuk rain gauge A memiliki nilai redaman hujan maksimum sebesar 58 dB dan memiliki redaman hujan rata-rata 4,62 dB. Rain gauge B memiliki redaman hujan maksimum sebesar 73 dB, memiliki redaman hujan rata-rata 4,78 dB. Sedangkan pada rain gauge D memiliki redaman hujan maksimum hanya 59 dB dan memiliki redaman hujan rata-rata 4,63 dB. Dari hasil perhitungan redaman hujan pada ketiga lokasi pengukuran dapat dinyatakan bahwa ketiga lokasi pengukuran mempunyai redaman hujan rata-rata yang sama hal ini menunjukkan bahwa pada jarak 1,55 km mempunyai variasi spasial yang sangat kecil seperti ditunjukkan pada Tabel 4.

Perbandingan redaman hujan dengan metode segmentasi dan  $SST_{Ra}$ ,  $SST_{Rb}$ ,  $SST_{Rd}$  dengan orientasi link utara-selatan untuk outage probability lebih besar dari 0,1% metode segmentasi,  $SST_{Ra}$ ,  $SST_{Rb}$  dan  $SST_{Rd}$  mempunyai redaman hujan yang sama. Sedangkan pada outage probability kurang dari 0,1%  $SST_{Ra}$ ,  $SST_{Rb}$  dan  $SST_{Rd}$  mempunyai redaman hujan yang lebih besar dibandingkan dengan metode segmentasi dengan selisih nilai redaman sebesar 2-3 dB. Hal ini seperti ditunjukkan pada Gambar 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Redaman hujan maksimum dan rata-rata untuk metode SST dengan orientasi link utara-selatan.

Rain gauge	Jumlah sampel	A maks (dB)	A rata-rata (dB)
A	5542	58	4,62
B	4987	73	4,78
D	5228	59	4,63



Gambar 4. Distribusi kumulatif redaman hujan SST dibandingkan dengan metode segmentasi.

Tabel 4. Perbandingan *outage probability* (%) untuk redaman hujan metode SST orientasi utara-selatan dan Segmentasi.

Outage Prob. (%)	Redaman Hujan (dB)			
	$SST_{Ra}$	$SST_{Rb}$	$SST_{Rd}$	Segmentasi
A <sub>0,5</sub>	1,39	1,36	1,19	1,35
A <sub>0,1</sub>	15,00	13,98	14,54	12,73
A <sub>0,05</sub>	22,34	19,96	21,89	19,8
A <sub>0,01</sub>	38,95	37,11	36,66	34,95
A <sub>0,005</sub>	42,32	38,56	41,03	38,56
A <sub>0,001</sub>	51,26	58,10	49,92	49,95

Hal ini menunjukkan bahwa perhitungan redaman hujan sepanjang 1,55 km dengan menggunakan hasil pengukuran curah hujan pada tiga lokasi dapat menggunakan metode segmentasi atau perhitungan redaman hujan SST dengan menggunakan salah satu hasil pengukuran curah hujan.

## 5. KESIMPULAN

Hasil pengukuran curah hujan pada tiga lokasi terdapat perbedaan jumlah sample dan perbedaan nilai curah hujan antara rain gauge A, B dan D menunjukkan terjadinya variasi spasial curah hujan. Untuk perhitungan redaman hujan untuk panjang link 1,55 km dengan metode segmentasi dan  $SST_{Ra}$ ,  $SST_{Rb}$ ,  $SST_{Rd}$  dengan orientasi link utara-selatan untuk outage probability lebih besar dari 0,1% metode segmentasi,  $SST_{Ra}$ ,  $SST_{Rb}$  dan  $SST_{Rd}$  mempunyai redaman hujan yang sama. Sedangkan pada outage probability kurang dari 0,1%  $SST_{Ra}$ ,  $SST_{Rb}$  dan  $SST_{Rd}$  mempunyai redaman hujan yang lebih besar dibandingkan dengan metode segmentasi dengan selisih nilai redaman sebesar 2-3 dB sehingga untuk perhitungan redaman hujan dapat menggunakan hasil pengukuran curah hujan pada tiga lokasi menggunakan metode segmentasi atau perhitungan redaman hujan SST dengan menggunakan salah satu hasil pengukuran curah hujan.

Untuk implementasi sistem LMDS pada daerah *microcell* menggunakan frekuensi 30 GHz maka perhitungan link budget dapat menggunakan hasil perhitungan redaman hujan menggunakan data masing-masing curah hujan dengan metode SST atau menggunakan data curah hujan dari ketiga lokasi dengan metode segmentasi link.

Untuk penelitian selanjutnya perlu diadakan pengukuran curah hujan dan perhitungan redaman hujan untuk daerah *macrocell*.

## PUSTAKA

B.C Gremont and M. Filip, "Spatio-Temporal Rain Attenuation Model for Application to Fade Mitigation Techniques", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, Vol 52 No. 5 August 2004.

F.P. Fontan, A. Nunez, A. Valcarce and U.C.Fiebig, "Converting Simulated Rain-rate Series into Attenuation Series Using the Synthetic Storm Technique", *COST 280 PM9104 3<sup>rd</sup> International Workshop*, June 2005.

Hendrantoro G, Bultitude R.J.C dan Falconer D.D "Use of Cell-site Diversity in Millimeter-wave Fix Cellular System to Combat the Effects of Rain Attenuation", *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 20, No.3, hal. 602-614, 2002.

ITU-R Rec. P.530-10, "Propagation Data and Prediction Methods Required for the Design of Terrestrial Line of Sight Systems," 2001.

ITU-R Rec. P.838, "Specific Attenuation Model for Rain for Use in Prediction Methods", 1992.

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, 1991

Kanellopoulos J. D. dan Kafetzis P, "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, 1986.

Mahmudah H, Wijayanti A, Hendrantoro G, Mauludiyanto A, Matshushima, "Analysis of Rain Attenuation Statistics in Surabaya using Synthetic Storm Technique for Tropical Millimeter-Wave Wireless Design", *Wireless Optical Communication Network WOCN*, 2008.

Merceret, F.J. and J.G. Ward, "Spatial properties of wind differences in the lowest three kilometers of the atmosphere", Poster P10.8, *Twelfth AMS Conference on Aviation and Range Meteorology*, Atlanta, GA, 29 January - 2 February 2006.

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, 2002.

Rogers R.R, "Statistical Rainstorm Models: Their Theoretical And Physical Foundations", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, July, hal. 547-565, 1976.

Sotirios A. Kanellopoulos, Athanasios D. Panagopoulos, Emilio Matricciani and John D. Kanellopoulos, "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 2006.

Wijayanti A "Karakterisasi Variasi Spasial Curah Hujan dan Redaman Spesifik di Surabaya", *Thesis Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS*, 2008.