

## ANALISA SPEKTRAL REDAMAN HUJAN TROPIS MENGGUNAKAN DATA PENGUKURAN DI SURABAYA UNTUK EVALUASI SISTEM RADIO GELOMBANG MILIMETER

Achmad Mauludiyanto, Gamantyo Hendrantoro

Jurusan Teknik Elektro

Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya 60111 Indonesia

maulud@ee.its.ac.id, gamantyo@ee.its.ac.id

### ABSTRAKSI

Makalah ini menyampaikan hasil simulasi dari spektral redaman hujan terkait dengan evaluasi sistem radio gelombang milimeter. Simulasi ini menggunakan data pengukuran hujan di Surabaya dengan disdrometer. Hasil spektral yang disimulasikan menunjukkan kecenderungan mulai  $f^{3,396}$ ,  $f^{3,614}$ ,  $f^{3,723}$ , dan  $f^{3,709}$  berturut-turut untuk link 1 Km, 2 Km, 3 Km, dan 4 Km untuk arah angin barat-timur. Sedangkan untuk arah angin selatan-utara kecenderungannya  $f^{1,277}$  baik untuk link 1 Km, 2 Km, 3 Km, dan 4 Km. Perubahan daya pada sistem radio gelombang milimeter terjadi sangat cepat pada link barat-timur, sehingga diperlukan suatu sistem daya adaptif dengan respon lebih tinggi, dengan semakin besar panjang link maka semakin besar pula kerapatan daya yang terjadi, artinya dibutuhkan daya kirim yang semakin besar untuk mengkompensasi redaman link pada saat hujan. Metode spektral adalah salah satu metode pendekatan untuk pembangkitan redaman hujan. Metode ini belum mampu mendekati redaman hujan hasil pengukuran karena gradien yang didapatkan kurang bervariasi terhadap frekuensi spektral.

**Katakunci:** redaman hujan, synthetic storm technique, spektral redaman hujan.

### 1. PENDAHULUAN

Dalam konteks penggunaan gelombang radio milimeter, redaman hujan penting untuk diteliti. Khususnya di daerah tropis dimana curah hujan sangat tinggi, sehingga pengaruh redaman hujan tropis sangat besar. Untuk itu akan diteliti bagaimana karakteristik redaman hujan tropis kaitannya dengan evaluasi penggunaan gelombang milimeter.

Pendekatan pertama dari penelitian ini menggunakan power spectral density (PSD) redaman hujan. Sebagai acuan untuk penelitian ini dalam paper [1], disebutkan tentang long-term power spectral density dari redaman hujan. Power spectral density merupakan karakteristik orde satu, artinya PSD dari redaman hujan mempunyai karakteristik low-pass orde satu. Ditunjukkan dalam paper tersebut suatu spectrum power density dari pengukuran di Inggris bagian selatan tepatnya di Portsmouth dengan frekuensi 40 GHz. Hasilnya menunjukkan bahwa pada frekuensi tinggi PSD redaman hujan cenderung ke  $f^2$ . Hal ini sesuai dengan hasil [2], [3].

PSD yang ditunjukkan pada makalah [1] masih ada kelemahannya yaitu curah hujan di Portsmouth lebih rendah jika dibandingkan dengan daerah tropis seperti misalnya di Surabaya. Karena jika sistem radio millimeter tersebut bekerja baik di Portsmouth, belum tentu bekerja baik juga di Surabaya khususnya. Untuk itu penelitian ini perlu untuk melihat bagaimana sesungguhnya pengaruh

redaman hujan terhadap gelombang millimeter jika digunakan di Indonesia.

Data pengukuran menggunakan data intensitas curah hujan [4], arah, dan besar angin yang terukur di Surabaya. Data intensitas curah hujan hasil rekaman pengukuran online di kampus ITS. Sedangkan data ukur arah dan besar angin di peroleh dari pihak ketiga yaitu BMG (Badan Meteorologi dan Geofisika) Juanda Surabaya.

Makalah ini akan menyampaikan suatu hasil karakteristik spektral redaman hujan tropis menggunakan data pengukuran curah hujan di Surabaya. Sebelum dianalisa dengan spektral redaman hujan, intensitas curah hujan dihitung dulu redaman hujan tropis dengan pendekatan synthetic storm technique (SST) [5]. Maksud dari penelitian ini adalah mendapatkan gambaran dari redaman hujan tropis untuk mengevaluasi penggunaan sistem radio gelombang milimeter di daerah tropis (Indonesia).

### 2. DEFINISI MODEL

#### 2.1. Synthetic Storm Technique

Synthetic Storm Technique adalah model pendekatan untuk mendapatkan redaman hujan dari data pengukuran intensitas curah hujan (mm/h) [5]. Model ini memperhitungkan pengaruh besar kecepatan dan arah angin. Karena itu maka model SST dibagi dalam dua model yaitu : model dengan

arah angin utara-selatan (sebaliknya) dan model SST dengan arah angin barat-timur (sebaliknya). Model-model tersebut diilustrasikan pada gambar 1.

Pengaruh besar dan arah angin dapat dihitung dengan persamaan berikut :  
Persamaan untuk link barat-timur.

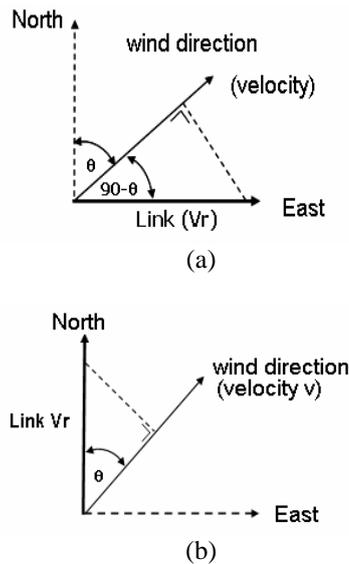
$$A = \sum_{j=1}^n aR_j^b \times \Delta L \quad (1)$$

$$n = L / \Delta L$$

$$\Delta L = v_r \times T$$

$$v_r = \left| \frac{v}{\sin(\theta)} \right|$$

dengan : A menyatakan redaman (dB), R menyatakan intensitas curah hujan (mm/h), a,b menyatakan koefisien redaman spesifik, L menyatakan panjang link,  $v_r$  menyatakan kecepatan angin (m/s), dan  $\theta$  menyatakan sudut arah angin (degree).



Gambar 1. Ilustrasi SST dengan link (a) barat-timur, (b) selatan-utara

Redaman hujan dengan link selatan-utara dapat dihitung dengan persamaan (1) dengan nilai  $v_r$  seperti persamaan (2)

$$v_r = |v \cos(\theta)| \quad (2)$$

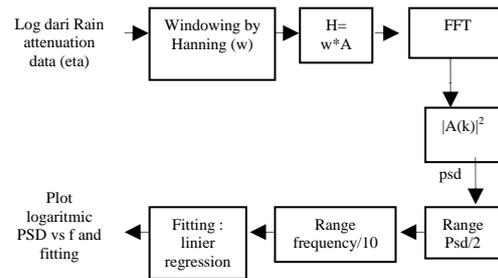
## 2.2. Power Spectral Density (PSD) redaman hujan

Power Spectral Density  $S_X(\omega)$  dari proses random waktu kontinu  $X(t)$  adalah sebagai transformasi Fourier dari  $R_X(\tau)$  [6]:

$$S_X(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} R_X(\tau) e^{-j\omega\tau} d\tau \quad (3)$$

dengan :  $S_X(\omega)$  menyatakan Power Spectral Density proses random waktu kontinu  $X(t)$ ,  $R_X(\tau)$  menyatakan fungsi autokorelasi dari proses random waktu kontinu  $X(t)$ .

Power spectral density [1] dapat dihasilkan dari redaman hujan hasil simulasi synthetic storm technique (SST) seperti gambar 2.



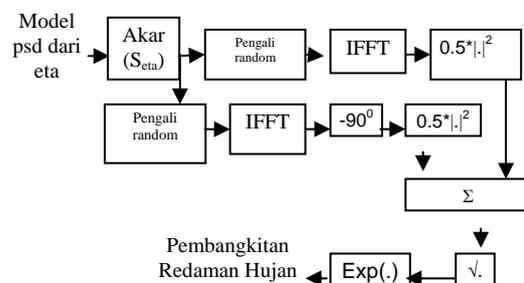
Gambar 2. Diagram proses simulasi PSD

Dari hasil fitting simulasi PSD didapatkan koefisien curah hujan (a) dan penurunan PSD (b). Koefisien inilah yang menentukan model dari PSD yang akan dibangkitkan dengan persamaan sebagai berikut :

$$S_\eta = 10^a \cdot f^b, b < 0 \quad (4)$$

dengan :  $S_\eta$  menyatakan power spectral density (dB), f menyatakan frekuensi (Hz), a menyatakan koefisien curah hujan (mm/h), dan b menyatakan koefisien penurunan PSD (dB/Hz).

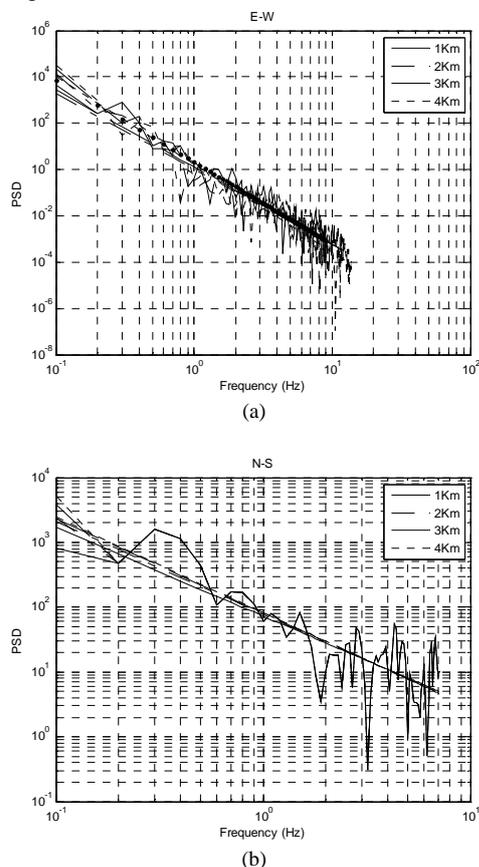
Setelah didapatkan model PSD dari logaritma redaman hujan ( $\eta$ ), proses berikutnya adalah penurunan redaman hujan (A). Blok diagram proses tersebut seperti pada gambar 3. Gambar 3 dikenal dengan model Sum of Sinusoid (SOS) merupakan pengembangan dari [7,8].



Gambar 3. Diagram pembangkitan redaman hujan

### 3. HASIL PENELITIAN

Contoh hasil plotting power spectral density dan fittingnya untuk even 22 Jan 2007\_1, seperti pada gambar 4.



**Gambar 4.** Plotting PSD dan fitting untuk even 22 Jan 2007\_1

Dari gambar 4 hasil fitting terhadap plotting PSD redaman hujan maka SST dengan arah angin barat-timur mempunyai kemiringan yang lebih besar dibandingkan dengan arah angin utara-selatan.

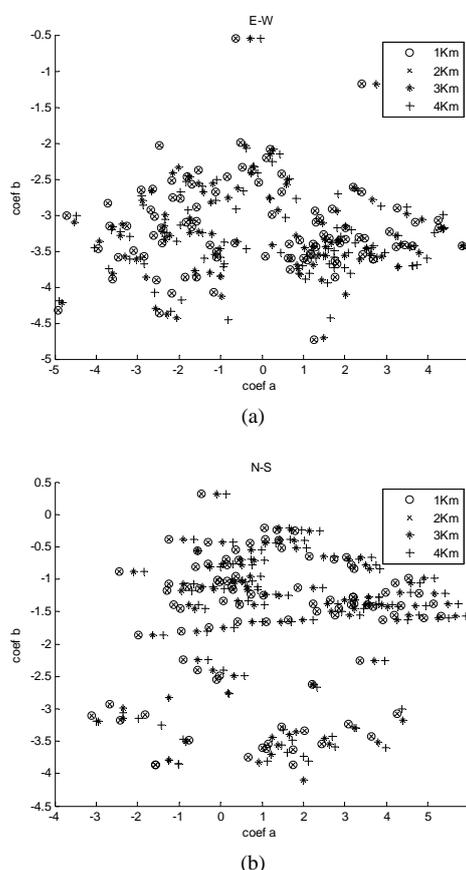
Dari gambar 5 ditunjukkan hubungan koefisien a dan koefisien b tidak mempunyai keterkaitan, artinya koef. a dan b saling tidak berhubungan. Dapat ditunjukkan juga dari koefisien korelasi antara a dan b sebagai berikut :

$\rho_1 = 0.0936$ ,  $\rho_2 = -0.0059$ ,  $\rho_3 = 0.0059$ , dan  $\rho_4 = 0.0014$ ; menyatakan korelasi antara a dan b dalam (4) berturut-turut untuk link 1 Km, 2 Km, 3 Km, dan 4 Km. Karena nilai koefisien korelasi antara a dan b kecil, maka a dan b saling bebas.

Gambar 6 menggambarkan kemiringan dari kerapatan spektral daya pada link 1Km, 2Km, 3Km, dan 4 Km. Hasil simulasi pada gambar 6 diperoleh dari PSD rata-rata dari 93 even hujan yang terukur di Surabaya mulai Januari 2007- Maret 2007.

Pada Tabel 1 ditunjukkan besaran kemiringan (parameter b) dan parameter a seperti pada (4) dari PSD terhadap frekuensi. Kalau dibandingkan pada

link dengan arah angin barat-timur lebih besar dibandingkan dengan link dengan arah angin selatan-utara. Artinya komponen frekuensi tinggi dari variasi redaman hujan lebih kecil dibanding komponen frekuensi rendah.

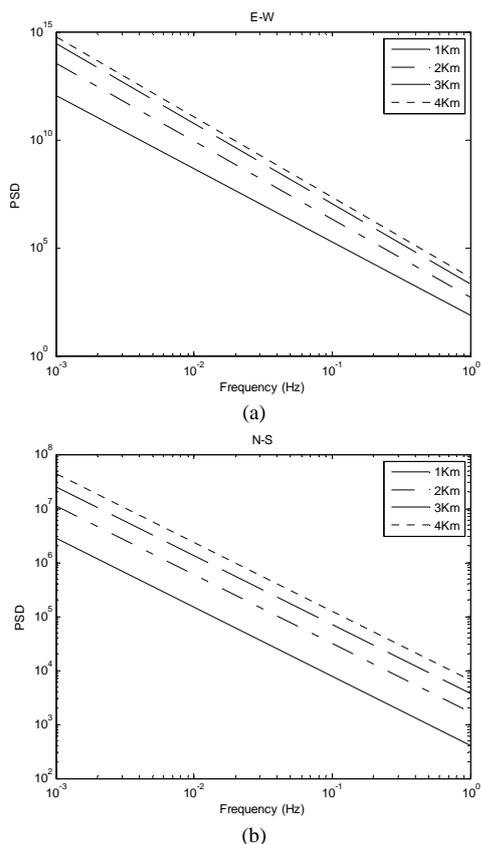


**Gambar 5.** Scatter dari koefisien a dan b untuk (a) arah angin barat-timur, (b) utara-selatan

Dengan demikian untuk link barat-timur akan terjadi perubahan daya yang lebih cepat dibandingkan dengan link selatan-utara. Sehingga untuk link barat-timur diperlukan kontrol daya yang mempunyai respon cepat sebagai adaptasinya.

Jika dibandingkan antara link 1 Km dengan link yang lain, maka PSD dari untuk link 4 Km mempunyai nilai PSD terbesar. Artinya untuk link semakin besar maka dibutuhkan daya pancar yang lebih besar agar dihasilkan sinyal terima dengan kualitas yang sama. Ini berlaku untuk link dengan arah barat-timur maupun arah selatan-utara.

Hasil PSD yang disimulasikan menunjukkan kecenderungan mulai  $f^{-3.396}$ ,  $f^{-3.614}$ ,  $f^{-3.723}$ , dan  $f^{-3.709}$  berturut-turut untuk link 1 Km, 2 Km, 3 Km, dan 4 Km untuk arah angin barat-timur. Sedangkan untuk arah angin selatan-utara kecenderungannya  $f^{-1.277}$  baik untuk link 1 Km, 2 Km, 3 Km, dan 4 Km.



Gambar 6. Hasil pembangkitan PSD (a) arah angin barat-timur, (b) arah angin utara selatan

Tabel 1. Rata-rata koefisien a, b (4)

E-W	
a1 = 1.8649, b1 = -3.3961	
a2 = 2.6859, b2 = -3.6145	
a3 = 3.2932, b3 = -3.7230	
a4 = 3.6249, b4 = -3.7079	
N-S	
a1 = 2.6097, b1 = -1.2775	
a2 = 3.2118, b2 = -1.2775	
a3 = 3.5640, b3 = -1.2775	
a4 = 3.8139, b4 = -1.2775	

#### 4. KESIMPULAN

Dari pembahasan di atas ada beberapa hal yang dapat ditarik kesimpulan tentang analisa kerapatan spektral daya sebagai berikut. Pertama koefisien kemiringan (gradien b) PSD saling lepas dengan koefisien titik potong (a). Kedua perubahan daya pada sistem radio gelombang milimeter terjadi sangat cepat pada arah angin barat-timur, sehingga diperlukan suatu sistem daya adaptif dengan respon lebih tinggi. Ketiga semakin besar panjang link maka semakin besar pula kerapatan daya yang terjadi, artinya dibutuhkan daya kirim yang semakin besar untuk mengkompensasi redaman link pada saat hujan. Keempat, metode spektral adalah salah

satu metode pendekatan untuk pembangkitan redaman hujan, metode spektral ini belum mampu mendekati redaman hujan hasil pengukuran karena gradien yang didapatkan kurang bervariasi terhadap frekuensi spektral.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini sebagian didanai oleh JICA melalui proyek PREDICT-ITS dan oleh DP2M Dikti melalui program Hibah Penelitian Fundamental.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] B.C.Gremont, "Spatio-Temporal Rain Attenuation Model for Application to Fade Mitigation Techniques", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol.52, No.5, May 2004.
- [2] E.Matriciani, "Physical Mathematical Model of Dynamic of Rain Attenuation with Application to Power Spectrum", IEE Electron. Lett., vol.30, pp.522-524, 1994.
- [3] Y.Karasawa and T.Matsudo, "Characteristics of Fading on Low-Elevation Angle Earth-Space Path with Concurrent Rain Attenuation and Scintillations," IEEE Trans. Commun., vol.39, pp.657-661, 1991.
- [4] A. Mauludiyanto, Muriani, L. Markis, G. Hendratoro, A. Matsushima, "Preliminary Results from The Study of Raindrop Size Distribution and Rainfall Rate in Indonesia for The Development of Millimeter-wave Systems in Tropical Regions", Proceedings of ISAP 2007, August 20-24, 2007, Niigata Japan, pp. 1390-1393.
- [5] A. Mauludiyanto, G. Hendratoro, P. Hutajulu, "Simulation of Tropical Rain Attenuation for Evaluation of Millimeter-Wave Wireless Network," Seminar International WOCN2008, May 5-7, Surabaya Indonesia.
- [6] P.Z.Peebles, "Probability, Random Variables, and Random Signal Principles", Mc.Graw-Hill Inc., Third Edition, International Edition, 1993.
- [7] W.C.Jakes, "Microwave Mobile Communications", IEEE Inc., 1974, p.70.
- [8] T.S.Rappaport, "Wireless Communications Principles and Practice", Prentice Hall, New Jersey, 1996, p. 184.