

PERHITUNGAN REDAMAN HUJAN PADA KANAL GELOMBANG MILIMETER UNTUK DAERAH MEDAN

Candra V. Tambunan⁽¹⁾, Naemah Mubarakah⁽²⁾

Konsentrasi Teknik Telekomunikasi, Departemen Teknik Elektro

Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara (USU)

Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155 INDONESIA

e-mail: candra_vtambunan@ymail.com

Abstrak

Perkembangan teknologi layanan *broadband* saat ini menuntut suatu sistem komunikasi yang handal dan berkapasitas besar. Untuk memenuhi hal tersebut, pengembangan sistem komunikasi itu sendiri mulai dialihkan pada penggunaan frekuensi tinggi yang dikenal dengan kanal gelombang millimeter pada frekuensi di atas 10 GHz. Pita gelombang millimeter mencakup rentang frekuensi 30 – 300 GHz yang memiliki panjang gelombang 1 – 10 milimeter. Permasalahan pada sistem yang menggunakan frekuensi di atas 10 GHz untuk daerah tropis adalah redaman yang cukup besar terutama redaman yang diakibatkan oleh hujan sehingga bisa menurunkan performansi dari sistem. Hal ini disebabkan karena adanya absorpsi dan *scattering* atau hamburan oleh titik hujan. Pada tulisan ini akan dihitung besar redaman hujan pada kanal gelombang millimeter sepanjang link di kota Medan dengan menggunakan pengukuran curah hujan langsung dan data cuaca dengan mempertimbangkan arah dan kecepatan angin menggunakan metode statistik *Synthetic Storm Technique* (SST). Dari hasil penelitian diperoleh nilai redaman hujan SST *multi link* kota Medan untuk panjang link 1 km, 2 km, 3 km dan 4 km masing – masing sebesar 5,91 dB, 10,67 dB, 17,8 dB, dan 23,67 dB. Perhitungan redaman hujan SST menunjukkan bahwa semakin panjang link maka redaman hujan akan semakin besar.

Kata kunci : curah hujan, redaman hujan, *synthetic storm technique* (sst)

1. Pendahuluan

Jaringan teknologi komunikasi saat ini mengalami perkembangan yang sangat pesat di berbagai belahan dunia. Perkembangan teknologi layanan *broadband* seperti *high speed internet*, digital video, *audio broadcasting* dan *video conference* dengan kapasitas besar dan bandwidth besar dari pemancar ke penerima menyebabkan kebutuhan akan pelayanan *broadband* terus meningkat. Layanan *broadband* yang menggunakan kanal gelombang milimeter beroperasi di frekuensi di atas 10 GHz. Salah satu permasalahan propagasi pada sistem komunikasi yang beroperasi pada frekuensi di atas 10 GHz adalah redaman yang disebabkan oleh hujan sehingga dapat menurunkan performansi dari sistem [1]. Untuk daerah tropis seperti Indonesia yang mempunyai curah hujan tinggi maka redaman yang sangat berpengaruh adalah redaman yang disebabkan oleh hujan atau sering disebut dengan redaman hujan.

Redaman hujan mengakibatkan terjadinya *fading* yaitu peristiwa pelemahan sinyal yang diterima oleh antena penerima berada di bawah batas *threshold*. Penelitian untuk menghitung

redaman hujan sebelumnya sudah pernah dilakukan di Surabaya dengan nilai redaman hujan sebesar 80 dB untuk panjang link 5,7 km [2]. Untuk memperoleh statistik 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 menghitung redaman hujan sepanjang link.

Pada tulisan ini, akan dihitung besar redaman hujan pada kanal gelombang millimeter di kota Medan dengan panjang link 1 km, 2 km, 3 km, dan 4 km dengan menggunakan metode *Synthetic Storm Technique* (SST).

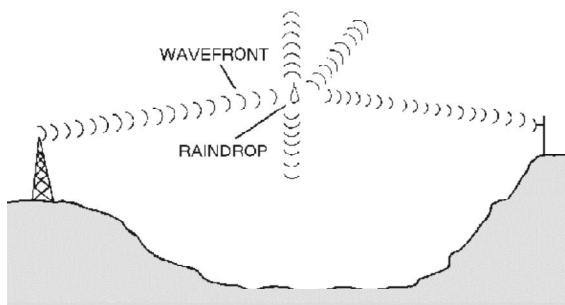
2. Redaman Hujan

Hujan merupakan fenomena yang menjadi bagian dari siklus air yang berlangsung secara alamiah. Sebagai akibat dari penguapan air di permukaan bumi, uap yang terkumpul bersama-sama pada ketinggian tertentu akan mengalami kondensasi dan jatuh kembali ke permukaan bumi sebagai hujan. Pada sistem komunikasi dengan menggunakan gelombang radio dengan frekuensi di atas 10 GHz redaman yang disebabkan oleh partikel-partikel di udara sangat

berpengaruh adalah redaman yang disebabkan oleh hujan dan salju. Redaman tersebut dapat berasal dari rugi-rugi *free space* dan zat-zat yang terdapat pada atmosfer seperti oksigen, uap air, awan kabut, salju, dan hujan yang dapat menurunkan performansi sistem komunikasi [3].

Untuk daerah tropis yang mempunyai curah hujan tinggi maka redaman yang sangat berpengaruh adalah redaman disebabkan oleh hujan atau disebut dengan redaman hujan. Pada sistem transmisi pada kondisi hujan, antena transmitter akan memancarkan elektromagnetik yang bertabrakan dengan titik hujan sehingga akan terjadi beberapa fenomena seperti redaman, *depolarisasi* gelombang dan *scattering*.

Fenomena tersebut mempunyai efek yang dapat menurunkan performansi sistem komunikasi atau mengurangi kualitas dari komunikasi. Hal ini disebabkan karena adanya absorpsi dan *scattering* atau hamburan oleh titik hujan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hamburan oleh titik hujan

Untuk mendesain sistem komunikasi yang lebih *reliable* atau sistem yang tahan terhadap efek redaman hujan maka perlu untuk mengetahui parameter-parameter dari hujan sehingga dapat mengkompensasi redaman hujan. Redaman spesifik adalah redaman yang terjadi pada satu titik pada ruang sepanjang lintasan dengan hubungan antara redaman spesifik Y (dB/km) dan curah hujan R (mm/h) sebagai fungsi frekuensi dengan menggunakan persamaan (1) berikut [4]:

$$Y(x) = aR^b(x), \tag{1}$$

dengan :

a dan b = parameter yang tergantung pada polarisasi dan frekuensi gelombang radio.

Redaman hujan pada lintasan dari suatu lintasan propagasi dengan panjang L (km) dapat dinyatakan [4]:

$$A = \int_0^L aR(z)^b dz, \tag{2}$$

dengan:

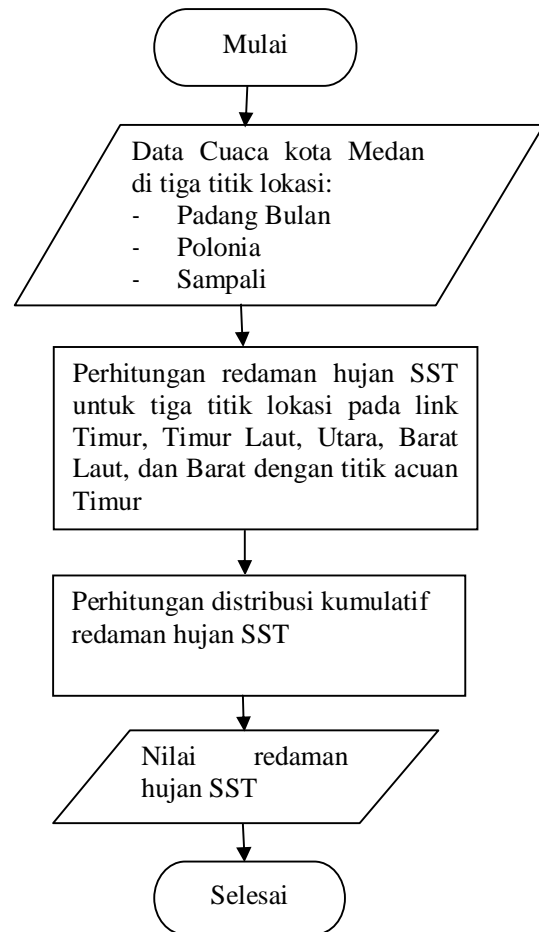
A = redaman hujan (dB)

$R(z)$ = curah hujan (mm/h) pada suatu titik a dan b = parameter yang tergantung pada

polarisasi dan frekuensi gelombang radio

3. Metodologi Penelitian

Adapun rancangan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.

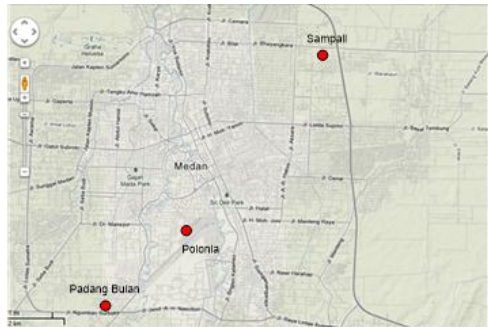


Gambar 2. Bagan penelitian

3.1 Data Cuaca

Adapun langkah – langkah untuk memperoleh data cuaca adalah sebagai berikut:

1. Untuk memperoleh sampel curah hujan dilakukan pengamatan di daerah Padang Bulan, Polonia, dan Sampali Medan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta lokasi pengambilan sampel

2. Pengukuran Intensitas hujan dilakukan dengan menggunakan Hellman sedangkan untuk arah dan kecepatan angin menggunakan anemometer mangkok seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Anemometer mangkok



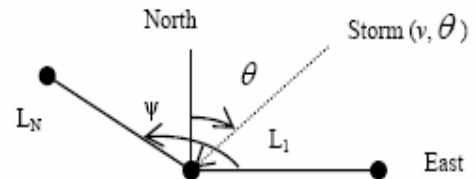
Gambar 5. Penakar hujan jenis Hellman

3.2 Perhitungan Redaman

Untuk menghitung redaman hujan dapat dilakukan melalui pengukuran curah hujan secara langsung dan penggunaan data cuaca serta pertimbangan arah dan kecepatan angin menggunakan metode statistik *Synthetic Storm Technique (SST)*. Metode ini mendeskripsikan suatu intensitas curah hujan sebagai fungsi dari panjang

lintasan/link (Km) dimana hujan tersebut bergerak sepanjang lintasan karena adanya pergerakan angin dengan kecepatan tertentu.

Konfigurasi perhitungan redaman hujan SST *multi link* ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Konfigurasi link [5]

Dari besarnya kecepatan angin dan arah angin maka diperoleh kecepatan angin dalam lintasan (v_r). Alat ukur yang digunakan yaitu Hellman. Redaman hujan yang terjadi pada lintasan terrestrial dari suatu lintasan propagasi sepanjang sumbu horizontal dengan panjang L (km) dapat dinyatakan dengan menggunakan persamaan berikut [6]:

$$A(x_0) = a \int_{x_0-L/2}^{x_0+L/2} R^b(x) dx \quad (3)$$

dengan :

- $A(x_0)$ = redaman hujan (dB)
- $R(x)$ = curah hujan (mm/h) pada suatu titik a dan b = parameter yang tergantung pada polarisasi dan frekuensi gelombang radio

Dengan metode SST maka suatu lintasan radio sepanjang L km dapat dibagi ke dalam N segmen, masing-masing dengan panjang yang merupakan hasil kali antara kecepatan pergeseran sel hujan dengan periode sampling.

Langkah-langkah pengolahan data statistik perhitungan redaman hujan untuk *multilink* dengan metode *Synthetic Storm Technique (SST)* menggunakan asumsi-asumsi sebagai berikut [7]:

1. Lokasi link referensi (L_1) berada di timur dengan link yang lain L_N dengan $N = 2,3,4,5$ dengan arah berlawanan jarum jam seperti pada Gambar 6.
2. Panjang link masing-masing adalah 1 km, 2 km, 3 km, dan 4 km dengan sudut antar link adalah 45° , 90° , 135° , dan 180° terhadap L_1 .
3. Data kecepatan angin (km/detik) dan arah angin dari Padang Bulan, Sampali, dan Polonia menggunakan kecepatan rata-rata per hari dan arah yang terbanyak.

Langkah-langkah estimasi redaman hujan dengan SST *multilink* adalah sebagai berikut:

1. Kecepatan angin di link dijelaskan sebagai berikut [7]:

$$v_r = \left| \frac{v}{\cos(\Psi - (90^\circ - \Theta))} \right| \quad (4)$$

dengan :

v_r = kecepatan angin pada link

Ψ = sudut antar link 45° , 90° , 135° , dan 180° .

Θ = sudut kedatangan angin

2. Jumlah segmen

Jumlah segmen adalah banyaknya sekat yang terdapat sepanjang link. Persamaan untuk menghitung jumlah segmen ini adalah sebagai berikut [8]:

$$N = [(L \cos \Theta / V_r T)] \quad (5)$$

dengan :

N = Jumlah segmen

L = panjang link (km)

V_r = kecepatan angin pada link

T = waktu sampling 60 detik

3. Kecepatan angin pada link digunakan untuk memperoleh nilai panjang segmen untuk masing-masing link [7]:

$$\Delta L = v_r T \quad (6)$$

dengan:

v_r = kecepatan angin pada link,

T = waktu sampling 60 detik

4. Redaman hujan pada masing-masing link diperoleh sebagai berikut [7]:

$$A(k) = \sum_{n=0}^N a R_{(k-n)}^b \Delta L_n \quad (7)$$

dengan:

A (k) = redaman hujan untuk $k=1,2,\dots,n$

ΔL = panjang segmen,

R = intensitas hujan (mm/h),

a,b = koefisien ITU-R

3.3 Nilai Redaman Hujan

Pengukuran intensitas hujan menggunakan Hellman di daerah Padang Bulan, Polonia, dan Sampali Medan menghasilkan intensitas hujan dalam satuan mm/h. Semua hasil perhitungan redaman hujan pada masing-masing event hujan akan dikumpulkan dalam satu matrik kemudian dikonversi dalam satu tahun diplot sebagai fungsi *Complement Cumulatif Distribution*

Function (CCDF) atau kurva distribusi redaman hujan absolut [7].

$$P(A > A_p) = [(z/365.25 \times 24 \times 60)] \quad (8)$$

dengan :

z = jumlah sampel redaman hujan

4. Hasil dan Analisis

Pada pengukuran intensitas hujan dengan menggunakan Hellman akan dihasilkan data hujan harian yang merepresentasikan intensitas hujan R (mm/h) sebagai fungsi waktu sedangkan hasil pengukuran kecepatan dan arah angin diambil rata-rata tiap hari. Dari hasil pengukuran intensitas hujan, kecepatan angin dan arah angin digunakan untuk menghitung redaman hujan sepanjang lintasan.

Dengan asumsi letak link seperti pada Gambar 6, maka perhitungan redaman hujan dengan metode SST dengan memperhatikan kecepatan angin rata-rata per hari dan arah angin terbanyak. Redaman hujan yang terjadi pada masing-masing link tidak sama tergantung pada besarnya intensitas hujan, kecepatan angin, letak link, dan arah angin. Hasil pengukuran intensitas hujan dengan Helman dan data kecepatan angin rata-rata di daerah Polonia, Sampali, dan Padang Bulan Medan akan digunakan untuk perhitungan redaman hujan SST *multi link* pada masing-masing event hujan dengan panjang link 1 km, 2 km, 3 km dan 4 km.

4.1 Nilai Redaman hujan Padang Bulan

Nilai redaman hujan SST *multilink* maksimum untuk daerah Padang Bulan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Redaman Hujan SST *multilink* maksimum Padang Bulan

L o k a s i	R e d a m a n (d B)			
	L=1 km	L=2 km	L=3 km	L=4 km
Link Timur 0°	7	14	21	28
Link Timur Laut 45°	5.8	11.6	17.4	23.3
Link Utara 90°	6.9	13.8	20.7	27.6
Link Barat Laut 135°	2.8	5.55	8.25	11
Link Barat 180°	7	14	21	28

Dari Tabel 1 dapat dilihat redaman hujan paling besar terjadi pada link Timur dan Barat dengan panjang link 4 km yang mencapai 28 dB sedangkan redaman hujan paling kecil terjadi pada link Barat Laut dengan panjang link 1 km yang mencapai 2,8 dB.

4.2 Nilai Redaman Hujan Sampali

Nilai redaman hujan SST *multilink* maksimum untuk daerah Padang Bulan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Redaman Hujan SST *multilink* maksimum Sampali

L o k a s i	R e d a m a n (d B)			
	L=1km	L=2 km	L=3km	L=4 km
Link Timur 0 ⁰	6	12	18	24
Link Timur Laut 45 ⁰	1.5	1.5	1.5	2
Link Utara 90 ⁰	2.55	4	7.7	10.3
Link Barat Laut 135 ⁰	1.5	1.5	1.5	1.5
Link Barat 180 ⁰	6	12	18	24

Dari Tabel 2 dapat dilihat redaman hujan paling besar terjadi pada link Timur dan Barat dengan panjang link 4 km yang mencapai 24 dB sedangkan redaman hujan paling kecil terjadi pada link Barat Laut dan Timur Laut dengan panjang link 1 km, 2 km, dan 3 km yang mencapai 1,5 dB.

4.3 Nilai Redaman Hujan Polonia

Nilai redaman hujan SST *multilink* maksimum untuk daerah Padang Bulan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Redaman Hujan SST *multilink* maksimum Polonia

L o k a s i	R e d a m a n (d B)			
	L=1 km	L=2 km	L=3 km	L=4 km
Link Timur 0 ⁰	3.8	6	8.9	13.5
Link Timur Laut 45 ⁰	5.75	11.55	17.45	23.25
Link Utara 90 ⁰	8.3	16.5	25	33.1
Link Barat Laut 135 ⁰	4	5.9	9.65	11.75
Link Barat 180 ⁰	3.8	6	8.9	13.5

Dari Tabel 3 dapat dilihat redaman hujan paling besar terjadi pada link Utara dengan panjang link 4 km yang mencapai 33,1 dB sedangkan redaman hujan paling kecil terjadi pada link Timur dan Barat dengan panjang link 1 km yang mencapai 3,8 dB.

4.4 Redaman Hujan Kota Medan

Dengan mengambil nilai rata-rata redaman maksimum untuk ketiga lokasi penelitian yakni daerah Padang Bulan, dan Sampali akan diperoleh nilai redaman hujan SST *multilink* kota Medan pada jarak 1 km, 2 km, 3 km, 4 km seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Redaman hujan SST *multilink* kota Medan

L o k a s i	R e d a m a n (d B)			
	L=1 km	L=2 km	L=3 km	L=4 km
Link Timur 0 ⁰	5.6	10.6	15.96	21.83
Link Timur Laut 0 ⁰	4.35	8.2	12.11	16.18
Link Utara 90 ⁰	5.91	7.73	17.8	23.67
Link Barat Laut 135 ⁰	11.99	5.31	6.46	8.08
Link Barat 180 ⁰	5.6	10.6	15.96	21.83

Dari Tabel 4 dapat dilihat redaman hujan paling besar terjadi pada link Utara dengan panjang link 4 km yang mencapai 23,67 dB sedangkan redaman hujan paling kecil terjadi

pada link Barat Laut dengan panjang link 1 km yang mencapai 2,76 dB.

Dalam perhitungan redaman hujan SST dengan semakin panjang link maka menghasilkan panjang segmen yang bertambah sehingga akan menghasilkan sampel redaman hujan yang banyak. Jika sampel redaman hujan semakin banyak maka redaman hujan akan semakin besar.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Perhitungan redaman hujan SST dipengaruhi oleh faktor intensitas hujan, kecepatan angin, arah angin, panjang link, dan letak suatu link.
2. Nilai redaman hujan SST daerah Padang Bulan untuk panjang link 1 km mencapai 6,9 dB, untuk panjang link 2 km mencapai 14 dB, untuk panjang link 3 km mencapai 21 dB, dan untuk panjang link 4 km mencapai 28 dB.
3. Nilai redaman hujan SST daerah Sampali Medan untuk panjang link 1 km mencapai 6 dB, untuk panjang link 2 km mencapai 12 dB, untuk panjang link 3 km mencapai 18 dB, dan untuk panjang link 4 km mencapai 24 dB.
4. Nilai redaman hujan SST daerah Polonia Medan untuk panjang link 1 km mencapai 8,3 dB, untuk panjang link 2 km mencapai 16,5 dB, untuk panjang link 3 km mencapai 17,45 dB, dan untuk panjang link 4 km mencapai 33,1 dB.
5. Nilai redaman hujan SST kota Medan untuk panjang link 1 km mencapai 5,91 dB, untuk panjang link 2 km mencapai 10,67 dB, untuk panjang link 3 km mencapai 17,8 dB, dan untuk panjang link 4 km mencapai 23,67 dB.
6. Semakin panjang link maka redaman hujan akan semakin besar.

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih penulis ucapkan kepada Bapak Melanthon P. Haloho atas bantuannya dalam pengambilan data sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan.

Referensi

- [1] Kanellopoulos J.D, Koukolas S.G, "Outage Performance Analysis of Route Diversity Systems of Cellular Structure", Radio Science, Vol.26, no.4, pp.891-899, 1991.
- [2] Salehudin M, Suharto H, Purnomo A, "Prediction of Ka-Band Satelilite Communication Link Performance in Indonesia", Italy :Procceeding of 4th Ka Band Utilization Conference Venice, pp. 293-298, November 1998.
- [3] Crane Robert K, "Propagation Handbook for Wireless communication system Design (Electrical engineering and applied signal processing series 13)", Washington DC: CRC Press, 2003.
- [4] Rogers R.R, "Statistical Rainstorm Models : Their Theoretical And Physical Foundations", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, pp. 547-565. July 1976.
- [5] Suwadi G, Hendratoro, C.D. Murdaningtyas, "Kinerja Selection Combining dan Adaptive Coded Modulation Pada Sistem Komunikasi Nirkabel Gelombang Milimeter Di Bawah Pengaruh Redaman Hujan di Indonesia", Surabaya: ITS, 2009.
- [6] Matricciani, "Physical-Mathematical Model of Dynamics of Rain attenuation Basrd on Rain Rate Times Series and Two Layer Vertical Structure of Precipitation", Radio Science, Vol. 31, no.2, pp. 281-295. 1996.
- [7] Mahmudah H, "Prediksi Redaman Hujan Menggunakan Synthetic Storm Technique. Ph.D. thesis, Dept. Elect. Eng., Institute of Surabaya, Surabaya, Indonesia, 2008.
- [8] Hendantoro Gamantyo, Sistem Komunikasi Nirkabel Gelombang millimeter Surabaya: ITS Press, 2012.