

## ANALISA FREKUENSI SCALING PADA REDAMAN HUJAN TERHADAP PROPAGASI GELOMBANG MILIMETER

Prima Agung Wardana, Ari. W<sup>2</sup>, Hani'ah M<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Politeknik Elektronika Negeri Surabaya (PENS)

<sup>2</sup>Dosen Politeknik Elektronika Negeri Surabaya (PENS)

Institut Teknologi Sepuluh Noverber, Surabaya, Indonesia

Kampus ITS Keputih Sukolilo, Surabaya, 60111

Telp. +62(31) 594 7280 Fax +62(31) 594 7280

Email : [beeHammer@gmail.com](mailto:beeHammer@gmail.com)

### Abstrak

Dalam tugas akhir ini dilakukan mengukur redaman hujan di lingkungan PENS ITS menggunakan *synthetic storm technique*. Beberapa parameter yang dibutuhkan untuk menghitung nilai redaman hujan dengan metode ini selain intensitas hujan adalah arah kedatangan angin dan kecepatan angin. Pengukuran intensitas hujan dilakukan dengan alat ukur rain gauge tipping bucket. Sedangkan data angin diperoleh dari Bada Metereologi dan Geofisika Juanda Surabaya. Selanjutnya data intensitas hujan dan data angin diolah hingga didapatkan nilai redaman hujan. Kemudian nilai redaman hujan yang telah didapat akan dicari nilai dari frekuensi *scaling* dengan menggunakan metode *Simple Power Law Model* dan ITU-R. Dari kedua metode ini akan didapatkan nilai  $n$  (sebuah koefisien), nilai  $n$  ini berbeda dari tiap-tiap frekuensi. Sedangkan pada tugas akhir ini sendiri digunakan frekuensi 10 Ghz sampai 40 Ghz. Diharapkan dari range frekuensi tersebut nantinya terdapat nilai  $n$  yang konstan, yang artinya metode tersebut cocok digunakan sebagai predictor redaman hujan pada frekuensi yang lainnya, dimana data untuk frekuensi tersebut belum ada.

**Kata Kunci:** redaman hujan, *synthetic storm technique*, intensitas hujan, *rain gauge tipping bucket*, *Simple Power Law Model* dan ITU-R

### 1. PENDAHULUAN

Redaman yang diakibatkan oleh hujan sangat signifikan pada propagasi gelombang radio diatas 10 Ghz. Redaman ini dapat menurunkan level sinyal yang ditransmisikan dari pemancar. Sebagian besar redaman ini terjadi di daerah lapisan troposfer bumi kita sendiri. Banyak sekali faktor – faktor yang menyebabkan sebuah gelombang radio mengalami sebuah interferensi atau redaman di lapisan tersebut, antara lain : redaman karena hujan, redaman karena awan dan redaman karena gas – gas yang ada di udara. Sebagai contohnya sebuah sinyal yang mengalami redaman karena hujan pada frekuensi 20 Ghz mengalami redaman tiga kali lebih besar dari frekuensi 11Ghz yang dipancarkan ke udara[2].

Teknik frekuensi *scaling* adalah sebuah teknik yang dapat memperkirakan statistik redaman hujan pada frekuensi yang diinginkan dari besaran yang telah diketahui pada frekuensi yang lain. Teknik frekuensi *scaling* memberikan suatu alternatif untuk memberikan prediksi redaman hujan pada saat data yang tersedia sangat terbatas. Mengingat wilayah kita terletak di iklim tropis yang mempunyai curah hujan tinggi, maka diperlukan adanya suatu metode untuk mengukur dan memprediksi redaman yang diakibatkan oleh

hujan tersebut. Teknik frekuensi *scaling* pertama dikenalkan oleh Drufuca tahun 1974 dari metode ini didapatkan nilai  $n=1,72$  untuk frekuensi 19/11 Ghz. Setelah itu diperkenalkan oleh Drufuca, percobaan kembali dilakukan oleh Owolabi dan Ajayi tahun 1982 pada frekuensi 20/12 diperoleh nilai  $n=2$ . Dientelman tahun 1992, frekuensi yang digunakan adalah 30/20 Ghz dan menghasilkan nilai  $n=1,8$ . Dan Power Law Model yang menggunakan data Olympus menghasilkan nilai  $n=1.9$  untuk range frekuensi 20/12, 30/20, dan 30/12 Ghz.

### 2. DASAR TEORI

Untuk menyelesaikan tugas akhir ini dibutuhkan pembelajaran tentang propagasi gelombang radio dibawah kondisi hujan, metode *synthetic storm* serta frekuensi *scaling* dengan metode *Power Law Model* dan ITU-R.

#### 2.1 Propagasi Gelombang Radio Dibawah Kondisi Hujan

Pada sistem komunikasi, gelombang elektromagnetik yang melintasi suatu link, akan mengalami penurunan daya karena beberapa fenomena seperti difraksi, scattering, refleksi, serta redaman yang disebabkan oleh zat-zat yang terkandung dalam atmosfer seperti oksigen, awan,

uap air, kabut serta hujan. Dari sekian banyak kandungan zat di atmosfer, air merupakan faktor paling dominan. Hal ini dikarenakan air memiliki konstanta dielektrik mendekati 1 (misalnya 1,00064). Konsekuensinya, jika kondisi pada lintasan sedang hujan maka propagasi gelombang radio akan terganggu dengan redaman hujan yang disebabkan oleh absorpsi dan scattering oleh hujan [3]. Scattering merupakan fenomena penghamburan sinyal ke segala arah yang disebabkan karena sinyal menabrak pertikel-partikel yang lebih kecil dari panjang gelombang sinyal itu sendiri [3]. Umumnya, ukuran titik hujan adalah berkisar 0,1 - 5 mm. Jika dibandingkan dengan panjang gelombang ( $\lambda$ ) dari gelombang radio pada frekuensi 10 - 100 GHz yakni berkisar 30  $\mu$ m - 3mm, maka scattering sinyal jelas tidak bisa dihindari [3].

Masing - masing metode diatas memiliki nilai range frekuensinya masing2. Drufuca frekuensi yang digunakan adalah 19/11, Dinteman menggunakan frekuensi 30/20, sedangkan Power Law Model adalah 20/12, 30.20 dan 30/12.

Redaman hujan dapat dicari pada satu titik pengukuran (redaman hujan spesifik) dan sepanjang lintasan. Redaman hujan spesifik diperoleh melalui persamaan :

$$Y = k.R\alpha \dots\dots\dots (1)$$

Dengan :

- Y = redaman spesifik (dB/km)
- R = intensitas hujan (mm/h)
- k,  $\alpha$  = koefisien yang nilainya berdasarkan frekuensi yang digunakan dan jenis polarisasi sinyal yang digunakan sesuai standart ITUR P.530-10.

Sedangkan redaman hujan sepanjang lintasan dapat diperoleh melalui persamaan :

$$Y = \int k.R\alpha dl \dots\dots\dots (2)$$

Dengan :

- Y = redaman sepanjang lintasan (dB)
- R = intensitas hujan (mm/h)
- l = panjang lintasan
- k,  $\alpha$  = koefisien yang nilainya berdasarkan frekuensi yang digunakan dan jenis polarisasi sinyal yang digunakan sesuai standart ITUR P.530-10

## 2.2 Synthetic Storm Thecnique

Synthetic Storm adalah pendeskripsian pola hujan dengan intensitas hujan sebagai fungsi jarak sepanjang lintasan dari arah angin. Beberapa

parameter yang digunakan dalam metode ini diantaranya :

1. Intensitas hujan (mm/h)
2. Kecepatan angin (km/h)
3. Arah kedatangan angin ( $^{\circ}$ )

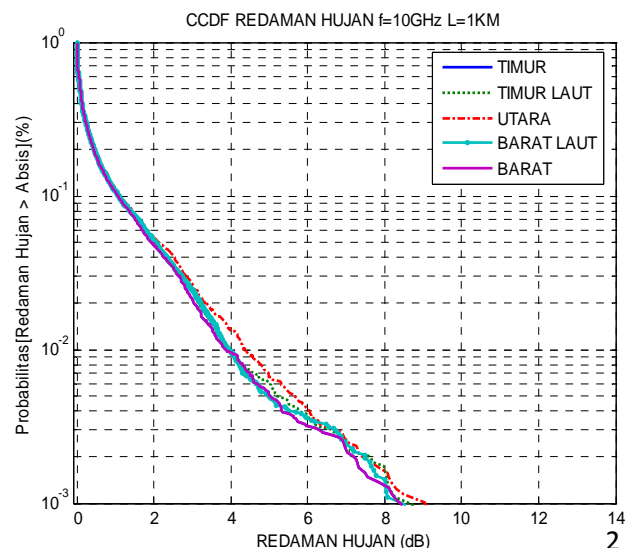
Metode ini menghasilkan statistik redaman hujan menggunakan translasi kecepatan angin untuk mengkonversi waktu sampling dari intensitas hujan ke distribusi spatial sepanjang lintasan. Lebih spesifiknya, rata-rata intensitas hujan R(mm/h) yang diukur lewat rain gauge memiliki waktu sampling T(s). Waktu sampling tersebut digunakan untuk mengetahui panjang segmen pada suatu lintasan, dinyatakan dengan persamaan :

$$\Delta L = V_r.T \dots\dots\dots (3)$$

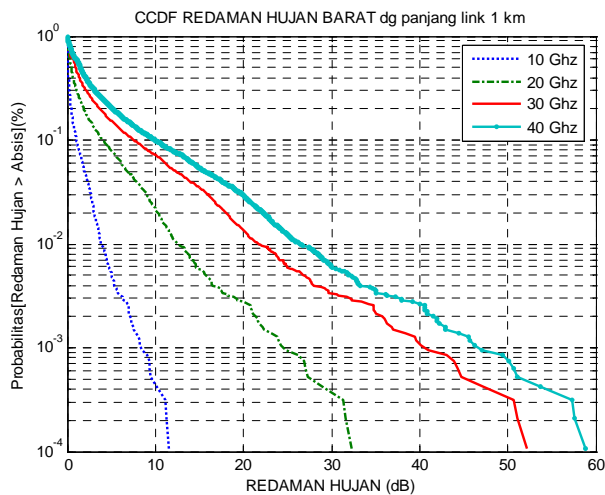
Dengan  $v_r$  adalah kecepatan angin pada link dan T adalah waktu sampling (60 detik). Total redaman diperoleh lewat penjumlahan nilai redaman pada tiap segmen, yang dinyatakan dengan persamman :

$$A(x) = \sum_{m=0}^{n-1} k R_{(t-m\Delta L)}^{\alpha} \Delta L \dots\dots\dots (4)$$

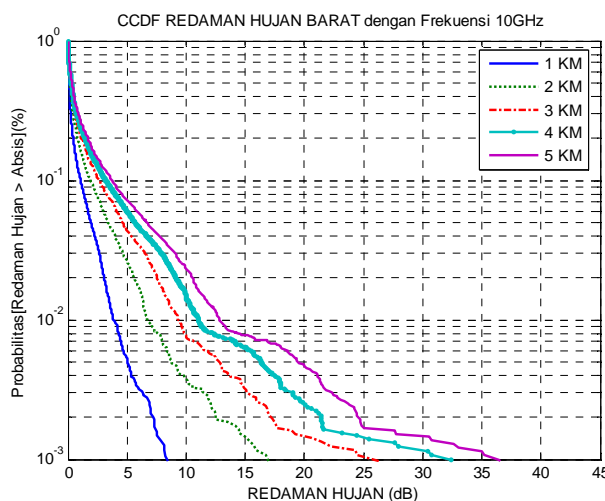
dengan koefisien  $k$  dan  $\alpha$  tergantung pada frekuensi gelombang radio dan polarisasi gelombang radio yang digunakan. Kedua koefisien tersebut berdasarkan pada ITU-R P.838 dapat ditunjukkan oleh Tabel 2.1. Dalam tugas akhir ini digunakan frekuensi sebesar 10,20,30,40 GHz dengan arah multilink dengan polarisasi horisontal dan vertical. Dapat dilihat pada gambar 1, 2, 3 dan 4 nilai redaman hujan sebagai fungsi panjang link. Semakin panjang link yang digunakan maka nilai redamannya akan semakin besar.



**Gambar 2.** Grafik CCDF Berdasarkan Arah Angin Terbanyak Dalam 1 Tahun (Barat), Polarisasi Horizontal

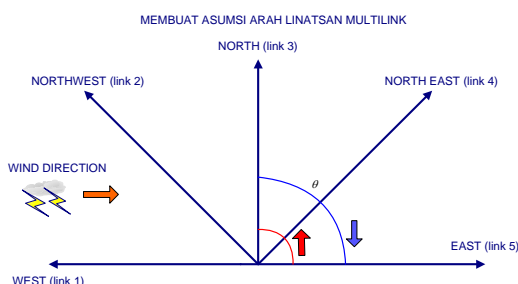


**Gambar 3.** Grafik CCDF Berdasarkan Frekuensi dengan Polarisasi Horizontal



**Gambar 4.** Grafik CCDF Berdasarkan Panjang Lintasan Dengan Polarisasi Horizontal

Membuat Asumsi Arah Multilink



**Gambar 5.** Asumsi Arah Multilink

Pada gambar 5 diatas dapat dilihat bahwa arah angin berasal dari arah barat. Dari multilink tersebut redaman hujan yang diterima dari masing-masing link akan berbeda. Link yang tegak lurus dengan arah angin akan mendapatkan nilai redaman hujan paling besar. Nilai perhitungan redaman hujan pada tiap-tiap link dapat dituliskan sebagai berikut ;

$$Vr = \left| \frac{v}{\cos(\psi - (90 - \theta))} \right| \dots\dots\dots (5)$$

Dimana :

- Ψ = sudut yang diambil dari arah Timur.
- Nilai Ψ untuk arah link Timur = 0°, Timur Laut = 45°, Utara = 90°, Barat Laut = 135°, dan Barat = 180°.

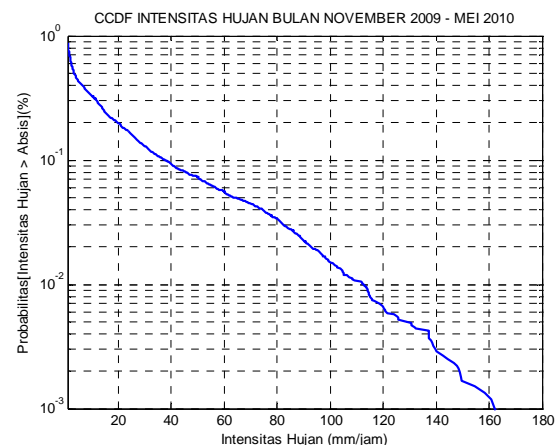
Vr = besar kecepatan angin pada link tersebut.

- ⊙ = sudut yang dibentuk antara arah utara dengan link yang ingin dicari searah jarum jam. Nilai θ untuk link Timur = 90°, Timur Laut = 45°, Utara = 0°, Barat Laut = 315°, dan Barat = 270°.

**2.3 ITU-R**

Prosedur perhitungan ini merupakan rekomendasi ITU-R P.530 10. Metode ini digunakan pada frekuensi antara 5 - 40 GHz dengan prosentase probabilitas antara 0,001 – 1 % [7]. Langkah-langkah yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan intensitas intensitas hujan R0,01(mm/jam) dari rata-rata tahunan 0,01%.



**Gambar 6.** Grafik CCDF Intensitas Hujan November 2009 – Mei 2010 ( 112,5 mm/jam )

b. Menghitung redaman spesifik  $R \gamma$  (dB/km).

$$r_K = k \cdot (R_{0,01})^n \dots\dots\dots(6)$$

c. Menghitung *distance factor* r (km) dengan :

$$r = \frac{1}{1 + \frac{d}{d_0}} \dots\dots\dots(7)$$

d adalah jarak lintasan (km)

$$d_0 = 35e^{-0.15R_{0,01}} \dots\dots\dots(8)$$

Jika  $R_{0,01} \leq 100$  mm/jam, maka  $R_{0,01}$  tetap menggunakan nilai  $R_{0,01}$  tersebut, namun jika  $R_{0,01} > 100$  mm/jam, maka  $R_{0,01}$  adalah 10 mm/jam.

d. Estimasi redaman lintasan  $A$  (dB) untuk 0,01% dari waktu menggunakan persamaan dibawah ini.

$$A_{0,01} = \gamma R \cdot d \cdot r \dots\dots\dots(9)$$

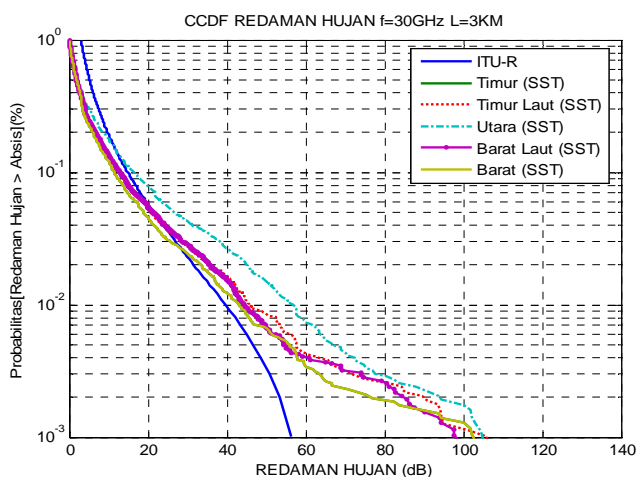
e. Menghitung redaman dari prosentase yang lain (0,001% sampai 1%).

1. Untuk posisi *latitude* (lintang) bumi di atas 30°.

$$\frac{A_p}{A_{0,01}} = 0,12p^{-(0,546+0,477\log_{10} p)} \dots\dots\dots(10)$$

3. Untuk posisi *latitude* (lintang) bumi di bawah 30°

$$\frac{A_p}{A_{0,01}} = 0,12p^{-(0,846+0,417\log_{10} p)} \dots\dots\dots(11)$$



**Gambar 7.** Perbandinga Redaman Hujan Metode *Synthetic Storm Thechnique* dan ITU-R, Polarisasi Horizontal.

### 3. FREKUENSI SCALING

#### 3.1 Power Law Model

Salah satu metode yang paling banyak digunakan untuk memprediksi redaman hujan, dikarenakan model yang paling sederhana [10]:

$$\frac{A(f_2)}{A(f_1)} = \left(\frac{f_2}{f_1}\right)^n \dots\dots\dots(12)$$

Dibawah ini adalah contoh nilai n yang sudah diketahui untuk range frekuensi 12 – 30 Ghz dari beberapa metode [10]:

- n=1.72 Drufuca (1974)
- n=2 Owolabi dan Ajayi
- n=1.8 Dintelman (1992)
- n=1.9 Power Law Model (1995)

#### 3.2 ITU-R

Metode frekuensi *scaling* dengan ITU-R adalah yang paling akurat diantara yang lainnya. Metode ini dapat digunakan sebagai predictor yang bagus di range frekuensi 7 Ghz sampai 70 Ghz[1].

Perhitungan frekuensi *scaling* ITU-R ditunjukkan seperti dibawah ini :

$$\frac{A_2}{A_1} = \left(\frac{f_2}{f_1}\right)^{1-H(\varphi_1, \varphi_2, A_1)} \dots\dots\dots(13)$$

Dimana :

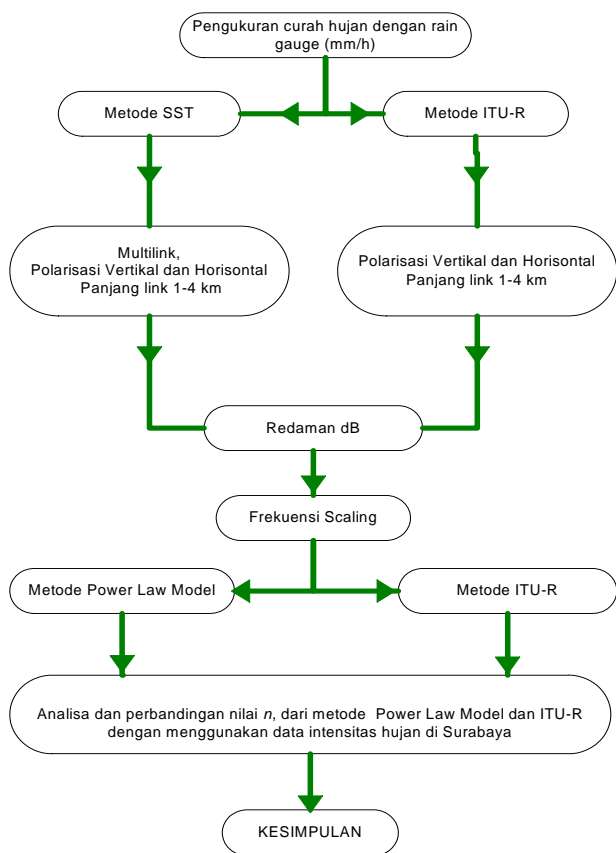
$$\varphi(f) = \frac{f^2}{1 + 10^{-4} f^2} \dots\dots\dots(14)$$

$$H(\varphi_1, \varphi_2, A_1) = 1,12 \times 10^{-3} \left(\frac{\varphi_2}{\varphi_1}\right)^{0,5} (\varphi_1 A_1)^{0,55} \dots\dots\dots(15)$$

Keterangan :

$A_1$  : nilai redaman pada frekuensi ke-1.  
 $A_2$  : nilai redaman pada frekuensi ke-2.  
 $\varphi_1$  : frekuensi ke-1.  
 $\varphi_2$  : frekuensi ke-2.

#### 4. METODOLOGI PENELITIAN



**Gambar 2.** Blok Diagram Penelitian

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa hal pertama yang harus dilakukan adalah mengukur intensitas hujan menggunakan *rain gauge*. Kemudian dilakukan konversi intensitas hujan dalam satuan (mm/jam). Selanjutnya adalah pengolahan data intensitas hujan sampai didapatkan nilai redaman hujan pada saat itu secara multilink. Setelah nilai redaman didapatkan maka selanjutnya akan dilakukan perhitungan frekuensi *scaling* dengan dua metode yaitu ITU-R dan *Power Law Model*. Dari kedua metode tersebut diharapkan akan mendapatkan nilai  $n$

pada frekuensi 10 sampai 40 Ghz pada daerah Surabaya.

#### 5. HASIL PROYEK AKHIR

Pada proyek akhir akan menghitung nilai frekuensi *scaling* dengan metode ITU-R dan Power Law, sedangkan nilai redaman hujan diolah dengan metode *Synthetic Storm Thecnique* dan ITU-R.

**Tabel 5-1.** Nilai Frekuensi Scaling Dengan Menggunakan Redaman SST Pada Link Timur, Polarisasi Horizontal, 1km.

Model	$n = f_{upper} / f_{lower}$		
	40/30	40/20	40/10
ITU-R	0.9199	0.98	1.1206
Power Law	1.6408	1.8056	2.1293
	30/20	30/10	20/10
ITU-R	1.0204	1.1692	1.253
Power Law	1.9226	2.2573	2.4531

**Tabel 5-1.** Nilai Frekuensi Scaling Dengan Menggunakan Redaman SST Pada Link Timur, Polarisasi Vertikal, 1km.

Model	$n = f_{upper} / f_{lower}$		
	40/30	40/20	40/10
ITU-R	0.9670	0.9943	1.1304
Power Law	1.7249	1.8319	2.1478
	30/20	30/10	20/10
ITU-R	1.0126	1.1699	1.2584
Power Law	1.9079	2.2585	2.4637

**Tabel 5-3.** Nilai Frekuensi Scaling Dengan Menggunakan Redaman ITU-R Pada Link Timur, Polarisasi Horizontal, 1 km.

Model	$n = f_{upper} / f_{lower}$		
	40/30	40/20	40/10
ITU-R	0.5681	0.7022	0.7238
Power Law	1.0133	1.2938	1.3753
	30/20	30/10	20/10
ITU-R	0.7923	0.7615	0.7441
Power Law	1.4928	1.4701	1.4567

#### 6. ANALISA DAN PEMBAHNSAN

Nilai frekuensi *scaling* pada pengolahan redaman menggunakan metode *Synthetic Storm*

*Thecnique* secara umum mempunyai nilai yang hampir sama, tetapi memiliki kecenderungan nilai frekuensi *scaling* semakin menurun setiap kenaikan panjang lintasan. Hanya saja nilai frekuensi *scaling* dengan metode Power Law lebih besar dibandingkan dengan ITU-R dengan kondisi yang sama. Sedangkan dilihat dari sisi polarisasi nilai frekuensi *scaling* pada polarisasi vertikal secara keseluruhan lebih besar daripada polarisasi horizontal.

Pada saat pengolahan redaman hujan menggunakan metode ITU-R nilai frekuensi *scaling* memiliki keseragaman. Nilainya sama tetap konstan pada setiap perubahan panjang lintasan 1-4 km. Yaitu sebesar : 0,7153 (Polarisasi Horizontal, ITU-R), 0,7237 (Polarisasi Vertikal, ITU-R), 1,3503 (Polarisasi Horizontal, *Power Law*) dan 1,3679 (Polarisasi Vertikal, *Power Law*). Tetapi apabila dilihat secara menyeluruh nilai frekuensi *scalingnya* lebih besar pada polarisasi vertikal dibandingkan polarisasi horizontal.

## 7. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Perhitungan nilai frekuensi *scaling* menggunakan nilai redaman hujan yang diolah dengan metode *Synthetic Storm Thecnique* secara keseluruhan memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan perhitungan nilai frekuensi *scaling* menggunakan nilai redaman hujan yang diolah dengan metode ITU-R.
2. Nilai frekuensi *scaling* ITU-R dan *Power Law* menggunakan nilai redaman hujan yang diolah dengan metode *Synthetic Storm Thecnique* selalu berubah-ubah seiring dengan perubahan panjang link dan polarisasi, tetapi perubahan nilai tersebut tidak signifikan.
3. Besar nilai frekuensi *scaling* ITU-R dan *Power Law* menggunakan nilai redaman hujan yang diolah dengan metode *Synthetic Storm Thecnique* memiliki nilai yang konstan meskipun terjadi perubahan panjang link dan polarisasi.
4. Untuk pengolahan redaman hujan dengan metode *Synthetic Storm Thecnique*, nilai frekuensi *scaling* pada metode ITU-R dan *Power Law* cenderung semakin kecil seiring dengan pertambahan panjang lintasan baik pada polarisasi vertikal dan horizontal

## 8. SARAN

Untuk pengembangan lebih lanjut dapat dilakukan beberapa hal diantaranya :

1. Menambahkan beberapa metode dalam perhitungan frekuensi *scaling* pada redaman hujan sehingga dapat dilihat nilainya lebih baik lagi.
2. Melakukan perhitungan frekuensi *scaling* pada nilai intensitas hujan yang berbeda-beda, supaya kita mengetahui karakteristik nilai frekuensi *scaling* terhadap intensitas hujan.

## 9. DAFTAR PUSTAKA

1. Tharek Rahman, Sheraz Khan, 2004. "The Rain Attenuation Prediction Methods From 10 – 37 Ghz Microwave Signals Based on Data Measured in Malasiya".
2. Roberto J. Acosta, "Rain Fade Compensation Alternatives for Ka Band Communication Satelites", Lewis Research Center, Cleveland, Ohio.
3. Luigi Valbonesi, Laura Dossi, "Frequency Scaling in Urban Propagation", Politecnico di Milano, Italy.
4. Z. X. Zhou, L. W. Li, T. S. Yeo dan M. S. Leong, "Cumulative Distribution of Rainfall Rate and Microwave attenuation in Singapore's Tropical Region", Radio Science, Volume 35, Number 3, Pages 751 – 756, Departemen of Electronical Engineering National University of Singapore, Singapore, 2000.
5. Van De Kamp, Dan Castanet, L., "Propagation impairment mitigation for millimeter wave radio system", cost 280, internasional workshop july 2002, hal 2
6. Jennifer Pinder, Louis J. Ippolito, Jr. Fellow, Stephen Horan dan Julie Feil, "Four Year of Experimental Result from the New Mexico ACTS Propagation Terminal at 20.185 and 27.505 Ghz", IEEE Journal vol 17, Number 2, February 1999.
7. J. S. Mandeep, "Analysis Effect of Water on a Ka Band Antenna", Progres in Elektromagnetics Research, Volume 9, Pages 49 – 57, 2009.
8. Md. Rafiqul Islam, "Frequency Scaling Technique for Rain Attenuation Predicting on Terrestrial Microwave Links in Tropical Climate", International Islamic University Malasiya, 2002.
9. I. E. Owolabi and G.O. Ajayi, "Frequency Scaling Technique for Rainfall Attenuation Prediction on Terrestrial Microwave Links",

presented at URSI Commission F  
Symposium, Lenoxville, May 1980.

10. Jeff D. Laster and Warren L. Stutsman,  
“Frequency Scaling of Rain Attenuation for  
Sattelite Antennas and Propagation”, IEEE  
Transactions on Antennas and Propagation,  
Volume 43, No.11, pp. 1207-1216,  
November, 1995.