

Analisa Fade Redaman Hujan Pada Propagasi Gelombang Milimeter

Muhammad Birbik¹, Hani'ah Mahmudah², Ari Wijayanti²

¹Mahasiswa Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Jurusan Teknik Telekomunikasi

²Politeknik Elektronika Negeri Surabaya Institut Teknologi Sepuluh Nopember Kampus ITS, Surabaya 60111

Email : : birbik87@yahoo.co.id, haniah@eepis-its.edu, ariw@eepis-its.edu

Abstract—Pada sistem komunikasi gelombang milimeter, peristiwa fading (pelemahan) sangat mempengaruhi penyampaian gelombang elektromagnetik karena dapat menyebabkan sinyal yang diterima terganggu.

Untuk mengurangi pengaruh ini, maka diperlukan perancangan kontrol daya dari stasiun pemancar yang dapat mengikuti variasi fading selama peristiwa hujan untuk mengimbangi redaman hujan. Penelitian ini mencari model distribusi fade dynamics dari pengukuran parameter hujan di Surabaya yang terdiri dari fade slope dan fade duration. Model ini akan diterapkan untuk mengevaluasi *Fade Mitigation Tehniques* (FMT) yang sesuai untuk iklim di Indonesia, dengan melakukan pengukuran curah hujan di lingkungan kampus PENS-ITS. Sedangkan data kecepatan angin diperoleh dari Badan Meteorologi dan Geofisika Juanda Surabaya. Data curah hujan dan kecepatan angin tersebut digunakan untuk menghitung besarnya redaman hujan multilink. Dari nilai redaman hujan ditentukan batas thresholdnya yaitu pada 5, 10, 15, 20, 25, dan 30 dB yang berorientasi pada arah multilink yaitu Timur, Timur Laut, Utara, Barat Laut dan Barat. Kemudian dapat dilakukan perhitungan fade slope dan fade duration.

Selanjutnya dilakukan perhitungan statistik fade slope dan fade duration kondisional sehingga dapat diperoleh model statistik fading di Surabaya. Statistik fading sangat dipengaruhi oleh frekuensi, jenis polarisasi, batas threshold, arah angin dan arah link komunikasi serta panjang link komunikasi. Sehingga dalam merancang sistem komunikasi harus memperhatikan hal-hal tersebut. Perancangan kontrol daya harus memperhitungkan arah dan kecepatan angin. Dalam perancangan kontrol daya jika panjang lintasan yang diinginkan semakin panjang, maka equalizer juga harus dirancang untuk bisa mengikuti variasi sinyal yang semakin cepat.

Index Terms— Fading Dynamic, Fade Slope, Fade Duration, SST Multilink

I. PENDAHULUAN

Wireless (komunikasi tanpa kabel) mengalami perkembangan teknologi yang sangat pesat, hal ini ditandai dengan pemakaian gelombang (frekuensi) yang telah diatur oleh Pemerintah (Menkopinfo) untuk pemakaian frekuensi tinggi (broadband) sampai orde GHz, sistem yang saat ini dikembangkan adalah untuk aplikasi *Broadband Wireless Access* (BWA) yang menjanjikan revolusi akses pita lebar secara massal dengan cakupan yang lebih luas lagi, keduanya merupakan teknologi yang membutuhkan kecepatan data tinggi, bandwidth yang lebar, bitrate tinggi dan frekuensi yang tinggi untuk mendapatkan data akses transmisi yang maksimal, namun untuk menggunakan system komunikasi dengan frekuensi tinggi (Millimeter Wave) sangat rentan terhadap gangguan (noise) karena panjang gelombang sangat pendek.

Pada proyek akhir ini akan dihitung statistik fade dynamics dari pengukuran parameter hujan di Surabaya yang terdiri dari *Fade Slope* dan *Fade Duration*, dengan melakukan pengukuran curah hujan di lingkungan kampus PENS-ITS dengan data curah hujan tersebut digunakan untuk menghitung besarnya redaman hujan yang akan dapat dilakukan perhitungan untuk menentukan *Fade Slope* pada tiap even hujan dan *Fade Duration* dengan menentukan batas thresholdnya. Selanjutnya dilakukan perhitungan statistik *Fade Slope* dan *Fade Duration* kondisional sehingga dapat diperoleh model statistik fading di Surabaya yang akan di aplikasikan untuk perancangan kontrol daya.

II. DASAR TEORI

Bagian ini berisi tentang teori atau pustaka yang mendukung riset/penelitian.

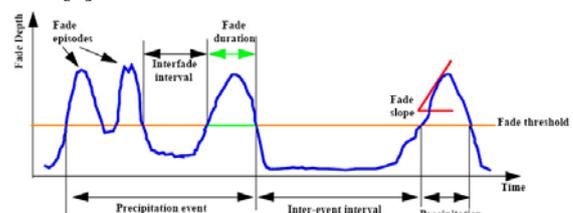
A. Fading

Fading adalah turunya level sinyal yang diterima melebihi harga *threshold* yang dapat menyebabkan pelemahan sinyal yang diterima atau terputusnya sinyal dalam system komunikasi, fading juga dapat didefinisikan sebagai perubahan fasa, polarisasi dan level dari suatu sinyal terhadap waktu.

Defenisi dasar yang umum dari fading adalah berkaitan dengan mekanisme propagasi dan redaman gelombang radio, fading disebabkan oleh kondisi daerah geometrid dan meteorology yang terpisah satu sama lain bukan hanya pada gelombang millimeter saja semua sistem transmisi radio pada range frekuensi 1-100Ghz juga dapat mengalami fading. Ada dua hal yang berpengaruh dalam perhitungan fading yaitu *Fade Slope* dan *Fade Duration*.

B. Parameter Fading

Pada gambar 1 menunjukkan grafik redaman hujan dalam fungsi waktu dimana terdapat 'event', 'episode', 'interval', 'threshold', 'Fade Slope', dan 'Fade Duration'. [4]



Gambar 1 Parameter Fading

Dalam menghitung besarnya fading secara statistic ada beberapa parameter yang harus diperhatikan.

C. Kedalaman (Fade Depth)

Fade depth adalah banyaknya intensitas sinyal yang dibawah penerima dari keadaan lintasan bebas (tidak ada hambatan) hingga ada sinyal penghalang yang umumnya diberikan dalam satuan dB.

Fade depth merupakan salah satu parameter yang terjadi pada fading. Fade depth menunjukkan besarnya redaman maksimum yang ditentukan batasnya (threshold).

D. Frekuensi /Laju (Fade Rate)

Fade rate adalah banyaknya fading yang terjadi per satuan waktu dan biasanya dalam perjam. Fade rate merupakan parameter yang diketahui besarnya sehingga akan diketahui banyaknya fade yang terjadi dalam satuan waktu dengan demikian kita dapat mengetahui banyaknya fade yang terjadi dalam satu tahun.

E. Fade Slope (Kemiringan)

Fade Slope didefinisikan sebagai perubahan kecepatan redaman hujan terhadap waktu dB/s [7]. *Fade Slope* diperoleh akibat redaman hujan atau kejadian cuaca lain yang sangat penting untuk perubahan mitigasi teknik, pengetahuan tentang parameter ini penting untuk menentukan permintaan kecepatan tracking dari perubahan sampling waktu dan parameter cuaca lain.

Pada beberapa pengukuran yang berbeda, eksperimen telah menunjukkan sekumpulan pengetahuan di semua efek ini dan beberapa prediksi model yang telah dipublikasikan dianggap bahwa hanya model Van de kamp yang paling relevant [1]. Model tersebut telah dinyatakan pada ITU-R sebagai draf model baru untuk memprediksi *Fade Slope*.

F. Fade Duration

Periode antara interval waktu dimana fade depth naik melewati batas *threshold* dan turun melewati batas *threshold*. Fungsi dari *Fade Duration* adalah untuk memberikan informasi periode waktu suatu system yang berhubungan dengan propagasi gelombang serta digunakan untuk mencari statistic durasi pada redaman hujan.

III. METODE

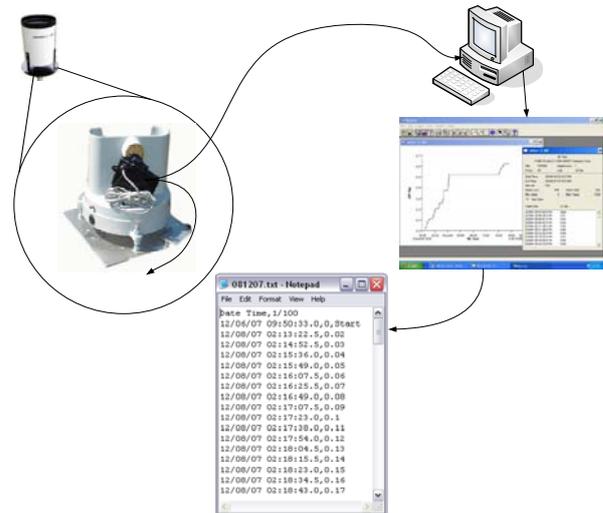
A. Pengukuran Curah Hujan

Pengukuran curah hujan dilakukan di dalam lingkungan kampus PENS-ITS yang diletakkan di Atap gedung D3 menggunakan alat ukur Rain gauge seperti tampak pada gambar 2.

Pada gambar 2 dapat dijelaskan bahwa *raingauge* mendeteksi hujan dengan sensor magnetik dengan metode *tipping bucket*. Kemudian sensor magnetik akan mengaktifkan sinyal elektrik yang selanjutnya akan dikirim ke *rain logger* melalui kabel berukuran 20 AWG.

Proses pembacaan data curah hujan pada *rain logger* dibutuhkan 260-2101SK PC Starter Kit yang terdiri dari program *software BOXCAR*, kabel serial dan manual pengoperasian *software*. Sedangkan untuk melakukan *download* data curah hujan, *rain logger* dihubungkan ke PC menggunakan kabel serial. Pada sisi PC dilakukan instalasi *software BOXCAR* untuk melakukan *download* data event hujan. Output dari *boxcar* pada komputer adalah dalam bentuk tabel dan grafik event hujan, selain itu data juga telah dilengkapi dengan tanggal dan waktu pengukuran.

Pengukuran intensitas hujan menggunakan rain gauge pada periode Nopember 2009 sampai Mei 2010 menghasilkan intensitas hujan dalam satuan mm/jam.



Gambar 2 Set Up Pengukuran Intensitas Hujan

B. Perhitungan Redaman Hujan SST Multilink

Metode synthetic storm mendeskripsikan suatu intensitas curah hujan sebagai fungsi dari panjang suatu lintasan (km) dimana hujan tersebut bergerak sepanjang lintasan karena adanya pergerakan dari angin dengan kecepatan tertentu. Dari besarnya kecepatan angin dengan arah tertentu maka dapat ditentukan kecepatan angin dalam lintasan (vr_N) pada Multilink dengan menggunakan persamaan berikut :

$$vr_N = \left| \frac{v}{\cos(\psi - (90 - \theta))} \right| \quad (1)$$

Dengan :

vr_N = resultan kecepatan pada link ke-N (2,3,4)

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

Setelah itu dapat dilakukan suatu perhitungan untuk mendapatkan pembagi panjang lintasan (ΔL) dari panjang lintasan efektif (L) dan time sampling intensitas curah hujan (T) sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\Delta L = vr_N \cdot T \text{ (km)} \quad (2)$$

Data kecepatan angin dan juga arahnya diperoleh dari data Badan Meteorologi dan Geofisika Juanda Surabaya.

Total redaman hujan $A(n)$ dalam satu event dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$A_i(n) = \sum_{m=0}^{n-1} k \cdot R_{(n-m)}^\alpha \cdot \Delta L_m \text{ (dB)} \quad (3)$$

dengan, R adalah curah hujan, k dan α coefisien yang bergantung pada frekuensi gelombang radio, polarisasi gelombang radio, dan canting angle (sudut jatuh) dari hujan. Koefisien tersebut berdasarkan pada rekomendasi ITU-R P.838 yang ditunjukkan oleh Tabel 1. Pengukuran redaman dengan metode SST ini dilakukan dengan asumsi arah multilink, sehingga dapat diperhatikan pengaruh angin terhadap link.

Tabel 1. Regresi estimasi dari redaman spesifik

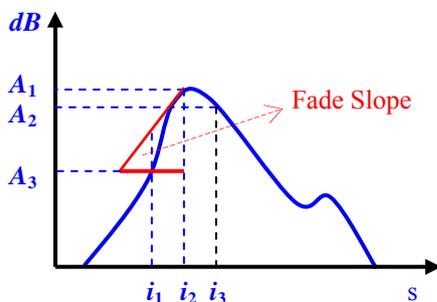
f (GHz)	kH	kV	α_H	α_V
1	0.0000387	0.0000352	0.912	0.880
2	0.0001540	0.0001380	0.963	0.923
4	0.0006500	0.0005910	0.121	1.075
6	0.0017500	0.0015500	1.308	1.265
7	0.0030100	0.0026500	1.332	1.321
8	0.0101000	0.0039500	1.327	1.310
25	0.1240000	0.1130000	1.061	1.030
30	0.1870000	0.1670000	1.021	1.000
35	0.2630000	0.2330000	0.979	0.963
40	0.3500000	0.3100000	0.929	0.929
45	0.4420000	0.3930000	0.903	0.897

C. Perhitungan Fade Slope dan Fade Duration

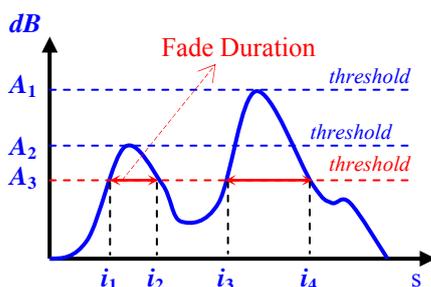
Fade Slope didefinisikan sebagai perubahan kecepatan redaman hujan terhadap waktu dB/s [1]. *Fade Slope* diperoleh akibat redaman hujan atau kejadian cuaca lain yang mengakibatkan perubahan mitigasi teknis. Gambar 3 menunjukkan *Fade Slope* pada redaman hujan. Mengikuti model van de Kamp [7], *Fade Slope* (ζ) dapat ditulis dengan persamaan berikut :

$$\zeta(i) = \frac{A(i) - A(i-1)}{\Delta t} \text{ (dB/s)} \quad (4)$$

Dengan $A(i)$ adalah redaman (dB), Δt adalah interval waktu (s) dan i adalah indeks sampel. Setelah menghitung *Fade Slope* tiap even hujan, maka dapat ditentukan CCDF *Fade Slope* kondisional. *Fade Duration* didefinisikan sebagai suatu periode waktu antara dua perpotongan dari sinyal di penerima pada redaman threshold yang sama yaitu ketika sinyal berada di atas nilai threshold [7].

Gambar 3 Parameter *Fade Slope*

Untuk dapat menentukan statistik *Fade Duration* terlebih dahulu ditentukan nilai thresholdnya. Dalam hal ini ditentukan nilai thresholdnya mulai dari 5 dB, 10 dB, 15 dB, 20 dB, 25 dB dan 30 dB. Untuk tiap nilai threshold ini akan dihitung durasi fade untuk tiap even hujan. Dari gambar 4 dapat diperoleh *Fade Duration* yaitu $i_2 - i_1$ dan $i_4 - i_3$. Berarti dari gambar 4 tersebut terdapat dua jumlah fade pada redaman A.

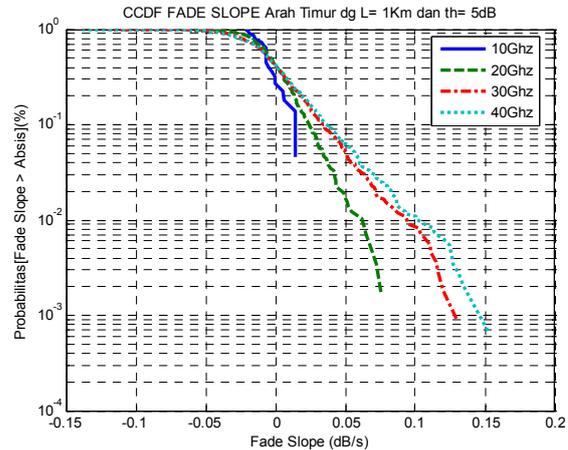
Gambar 4 Parameter *Fade Duration*

IV. HASIL PENELITIAN

Pengukuran *Fade Slope* dan *Fade Duration* dipengaruhi oleh frekuensi, panjang lintasan, polarisasi dan threshold yang terdiri dari empat orientasi arah multilink yaitu Timur-Timur Laut, Timur-Utara, Timur-Barat Laut dan Timur-Barat.

A. *Fade Slope*

Besar frekuensi yang dikirimkan oleh *transmitter* ke *receiver* juga mempengaruhi besarnya *fade slope* yang ditimbulkan saat kondisi hujan.

Gambar 5 CCDF *Fade Slope* Terhadap Frekuensi

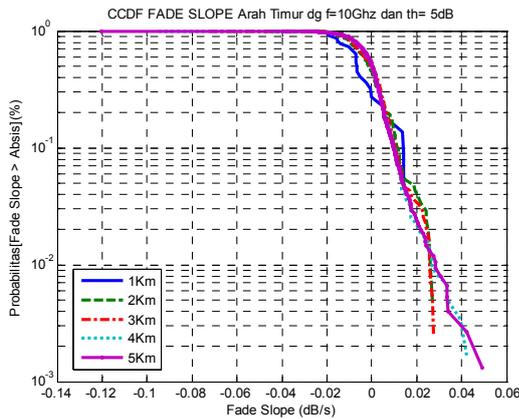
Pada gambar 5 dapat dianalisa untuk nilai *fade slope* > *outage probability* 10^{-1} nilai *fade slope*nya cenderung konstan sedangkan untuk *outage probability* 10^{-1} , 10^{-2} , dan seterusnya semakin besar nilai frekuensi maka semakin besar pula nilai *fade slope*nya begitu juga dengan nilai *fade slope* pada tiap-tiap link orientasi yang lainnya, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 2

Tabel - 2 Pengaruh Frekuensi Terhadap *Fade Slope*

(%)	Link	<i>Fade Slope</i> (dB/s)			
		10Ghz	20Ghz	30Ghz	40Ghz
10^{-1}	T-TL	0,013	0,029	0,042	0,044
	T-U	0,015	0,048	0,069	0,071
	T-BL	0,015	0,027	0,041	0,043
	T-B	0,014	0,024	0,035	0,036

Table 2 merupakan table CCDF *fade slope* dengan panjang lintasan 1 km, polarisasi horizontal dan 5dB untuk nilai thresholdnya. Terlihat pada *outage probability* 10^{-1} nilai *fade slope* terbesar terdapat pada link dengan orientasi Utara (T-U) sedangkan nilai *fade slope* terkecil terdapat pada link dengan orientasi Timur-Barat (T-B) hal ini dikarenakan pada link T-B merupakan arah angin terbanyak yang menyebabkan tingginya nilai redaman hujan di link utara yang berdampak pada nilai *fade slope* di link utara itu sendiri.

Pada gambar 6 dapat dianalisa untuk nilai *fade slope* < -0.02 nilai *fade slope*nya cenderung konstan sedangkan untuk nilai *fade slope* > -0.02 semakin besar panjang Lintasan maka semakin besar pula nilai *fade slope*nya begitu juga dengan nilai *fade slope* pada tiap-tiap link orientasi yang lainnya, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada table 3 sehingga dapat diperhatikan untuk mendisain suatu kontrol daya untuk panjang lintasan yang semakin jauh khususnya untuk nilai threshold 5 dB dibutuhkan daya yang semakin besar sehingga pemancar dapat mengimbangi perubahan *fade* yang semakin besar.

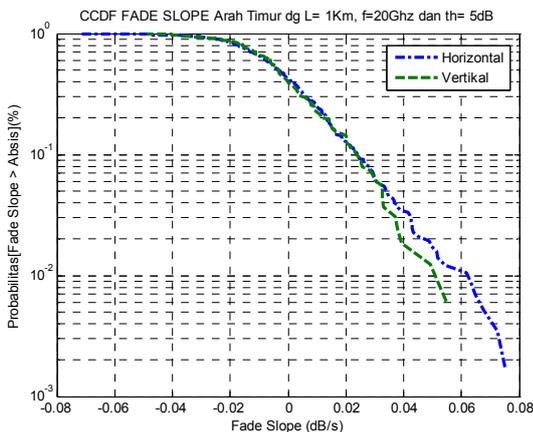


Gambar 6 CCDF *Fade Slope* Terhadap Panjang Lintasan
 Table 3 merupakan table CCDF fade slope Terlihat pada *outage probability* 10^{-1} nilai fade slope terbesar terdapat pada link dengan orientasi Utara (T-U) sedangkan nilai fade slope terkecil terdapat pada link dengan orientasi Timur-Barat (T-B) hal ini dikarenakan pada link T-B merupakan arah angin terbanyak yang menyebabkan tingginya nilai redaman hujan di link utara yang berdampak pada nilai fade slope di link utara itu sendiri.

Tabel - 3 Pengaruh Panjang Lintasan Terhadap Fade Slope

Probabilitas (%)	Link	Fade Slope (dB/s)				
		1Km	2Km	3Km	4Km	5Km
10^{-1}	T-TL	0,0134	0,0172	0,0144	0,0141	0,0136
	T-U	0,0150	0,0280	0,0420	0,0580	0,0710
	T-BL	0,0147	0,0159	0,0143	0,0131	0,0134
	T-B	0,0140	0,0115	0,0106	0,0090	0,0092

Pada metode *synthetic storm* pada proyek akhir ini terdapat dua macam polarisasi yang digunakan yaitu polarisasi horisontal dan polarisasi vertikal.



Gambar 7 CCDF *Fade Slope* Terhadap Polarisasi

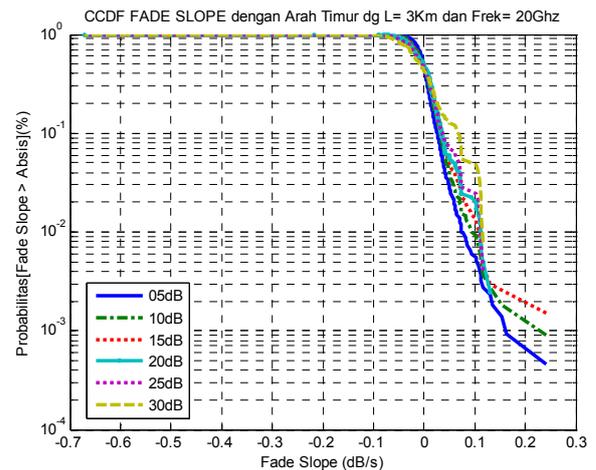
Bentuk polarisasi yang digunakan sangat mempengaruhi besarnya nilai redaman hujan hal ini berbeda dengan fade slope dimana bentuk grafik yang ditunjukkan oleh gambar 7 bentuk polarisasinya tidak terlalu berbeda antara polarisasi horisontal dengan polarisasi vertikal. Terlihat saling berpotongan pada grafik dengan nilai *outage probability* 10^{-1} sedangkan pada *outage probability* 10^{-2} grafiknya menunjukkan bahwa fade slope dari polarisasi horisontal lebih besar dari polarisasi vertikal begitu juga pada link orientasi yang lainnya yang dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel - 4 Pengaruh Polarisasi Terhadap Fade Slope

Probabilitas (%)	Link	Fade Slope (dB/s)	
		Horisontal	Vertikal
10^{-1}	T-TL	0,0289	0,0306
	T-U	0,0484	0,0383
	T-BL	0,0272	0,0278
	T-B	0,0245	0,0235

Pada tabel tersebut nilai magnitude fade slope yang paling besar adalah pada link dengan orientasi Utara (T-U) polarisasi horisontal sedangkan nilai fade slope terkecil terdapat pada link dengan orientasi Timur-Barat (T-B) polarisasi vertical hal ini dikarenakan pada link (T-B) merupakan arah angin terbanyak yang mengakibatkan nilai redaman hujan di link utara mengalami peningkatan yang berpengaruh terhadap nilai fade slope di link utara itu sendiri.

Batas threshold yang digunakan pada tugas akhir ini adalah berturut-turut 5 dB, 10 dB, 15 dB, 20 dB, 25 dB dan 30 dB dimana batas threshold adalah batas yang dipergunakan untuk terjadinya komunikasi, batas ini diperlukan untuk power margin yang akan digunakan untuk perhitungan kontrol daya yang akan disediakan.



Gambar 8 CCDF *Fade Slope* Terhadap Threshold

Pada gambar 8 merupakan grafik CCDF fade slope orientasi arah timur dengan panjang lintasan yang sama dapat diperhatikan bahwa nilai statistiknya saling memotong yang berarti bahwa nilai threshold tidak selalu berpengaruh terhadap besarnya nilai fade slope-nya yang akan cenderung naik ataupun turun begitu juga terhadap orientasi arah yang lainnya.

Table 5 merupakan table CCDF fade slope dengan panjang lintasan 3 km, frekuensi 20 Ghz dan polarisasi horisontal. Terlihat pada *outage probability* 10^{-1} nilai fade slope terbesar terdapat pada link dengan orientasi Utara (T-U) sedangkan nilai fade slope terkecil terdapat pada link dengan orientasi Timur-Barat (T-B) hal ini dikarenakan pada link T-B merupakan arah angin terbanyak yang menyebabkan tingginya nilai redaman hujan di link utara yang berdampak pada nilai fade slope di link utara itu sendiri.

Tabel - 5 Pengaruh Threshold Terhadap Fade Slope

(%)	Link	Fade Slope (dB/s)					
		05dB	10dB	15dB	20dB	25dB	30dB
10 ⁻¹	T-TL	0,035	0,044	0,050	0,060	0,075	0,085
	T-U	0,085	0,117	0,128	0,116	0,117	0,108
	T-BL	0,033	0,039	0,044	0,051	0,060	0,073
	T-B	0,025	0,031	0,034	0,034	0,036	0,065

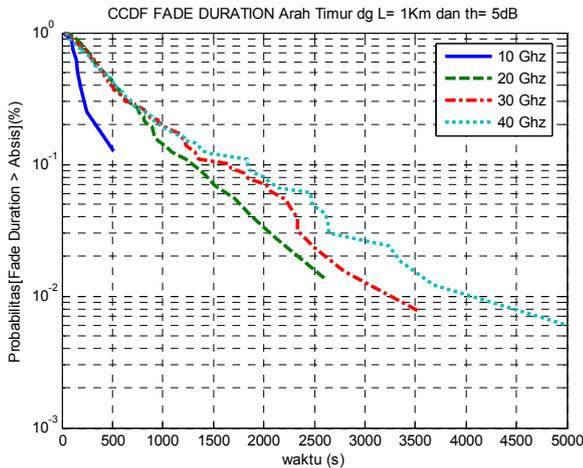
B. Fade Duration

Pada gambar 9 merupakan hasil fade duration dari redaman hujan mulai bulan November 2009 sampai bulan Mei 2010 dapat dianalisa semakin besar nilai frekuensi maka semakin besar pula nilai fade durationnya begitu juga dengan nilai fade duration pada tiap-tiap link orientasi untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel - 6 Pengaruh Frekuensi Terhadap Fade Duration

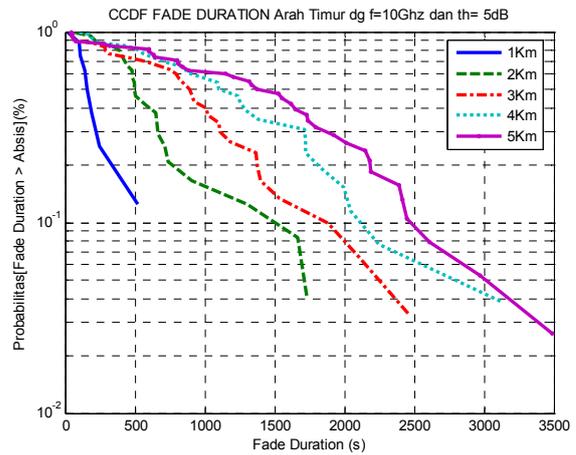
(%)	Link	Fade Duration (s)			
		10Ghz	20Ghz	30Ghz	40Ghz
10 ⁻¹	T-TL	354	1000	1150	1250
	T-U	243	800	900	777
	T-BL	T/A	1000	1150	1360
	T-B	T/A	1300	1655	1840

Table 6 merupakan table CCDF fade duration dengan panjang lintasan 1 km, polarisasi horizontal dan 5dB untuk nilai thresholdnya terlihat pada *outage probability* 10⁻¹ nilai fade duration terbesar terdapat pada link dengan orientasi Timur-Barat (T-B) sedangkan nilai fade duration terkecil terdapat pada link dengan orientasi Utara (T-U) hal ini dikarenakan pada link T-B merupakan arah angin terbanyak sedangkan link Utara merupakan arah angin terkecil dari pada link yang lainnya.



Gambar 9 CCDF Fade Duration Terhadap Frekuensi

Dari gambar 10 dapat diperhatikan untuk nilai threshold yang sama, panjang lintasan sangat berpengaruh terhadap nilai fade duration. Semakin besar panjang lintasannya maka nilai durasi waktu yang melewati batas threshold tertentu akan semakin besar juga, begitu juga dengan orientasi arah dari link lainnya semakin besar panjang lintasannya maka nilai durasi waktu-nya juga semakin besar dapat di lihat pada tabel 4-8 pengaruh panjang lintasan terhadap fade duration.



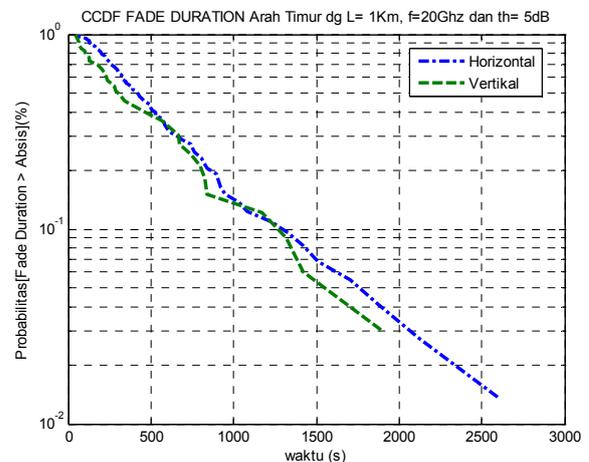
Gambar 10 CCDF FadeDuration Terhadap Panjang Lintasan

Berdasarkan tabel 7 juga dapat dianalisa nilai durasi waktu (detik) pada masing-masing link terlihat pada *outage probability* 10⁻¹ nilai fade duration terbesar terdapat pada link dengan orientasi Timur-Barat (T-B) sedangkan nilai fade duration terkecil terdapat pada link dengan orientasi Utara (T-U) hal ini dikarenakan pada link T-B merupakan arah angin terbanyak sedangkan link Utara merupakan arah angin terkecil dari pada link yang lainnya.

Tabel - 7 Pengaruh Panjang Lintasan Terhadap Fade Duration

(%)	Link	Fade Duration (s)				
		1Km	2Km	3Km	4Km	5Km
10 ⁻¹	T-TL	355	784	1215	2053	2240
	T-U	243	504	723	965	970
	T-BL	T/A	887	1400	2000	2305
	T-B	T/A	1500	1880	2120	2477

Bentuk polarisasi yang digunakan sangat mempengaruhi besarnya nilai redaman hujan hal ini berbeda dengan fade duration dimana bentuk grafik yang ditunjukkan oleh gambar 11 bentuk polarisasinya tidak terlalu berbeda antara polarisasi horizontal dengan polarisasi vertikal. Terlihat saling berpotongan pada grafik diatas nilai *outage probability* 10⁻¹ sedangkan pada *outage probability* dibawah 10⁻¹ grafiknya menunjukkan bahwa fade duration dari polarisasi horizontal lebih besar dari polarisasi vertical begitu juga pada link orientasi yang lainnya yang dapat dilihat pada tabel 8.



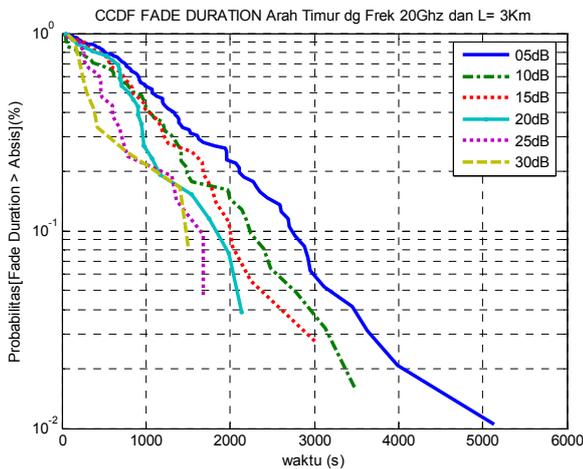
Gambar 11 CCDF FadeDuration Terhadap Polarisasi

Pada tabel 8 tersebut nilai durasi fade yang paling besar adalah pada link Timur-Barat (T-B) polarisasi horizontal sedangkan nilai fade duration terkecil terdapat pada link dengan orientasi Utara (T-U) polarisasi vertical hal ini dikarenakan pada link (T-B) merupakan arah angin terbanyak sedangkan link Utara merupakan arah angin terkecil dari pada link yang lainnya.

Tabel - 8 Pengaruh Polarisasi Terhadap Fade Duration

Probabilitas (%)	Link	Fade Duration (s)	
		Horizontal	Vertikal
10 ⁻¹	T-TL	990	867
	T-U	800	676
	T-BL	1000	900
	T-B	1300	1268

Pada gambar 12 dibawah ini merupakan grafik CCDF fade duration dengan orientasi arah timur dapat dianalisa semakin tinggi nilai threshold maka durasi waktunya semakin pendek begitu juga dengan nilai fade duration pada tiap-tiap link orienasi untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 9 pengaruh threshold terhadap fade duration.



Gambar 12 CCDF Fade Slope Terhadap Threshold

Table 9 merupakan data fade duration pada masing-masing link dimana pada *outage probability* 10⁻¹ nilai durasi yang terbesar terdapat pada link Timur-Barat (T-B) sedangkan nilai durasi yang terkecil terdapat pada link utara hal ini dikarenakan pada link T-B merupakan arah angin terbanyak sedangkan link Utara merupakan arah angin terkecil dari pada link yang lainnya.

Tabel - 9 Pengaruh Threshold Terhadap Fade Duration

Probabilitas (%)	Link	Fade Duration (s)					
		05dB	10dB	15dB	20dB	25dB	30dB
10 ⁻¹	T-TL	2070	1700	1500	1115	873	860
	T-U	900	970	825	668	515	350
	T-BL	2026	2030	1573	1612	1320	800
	T-B	2730	2237	1995	1827	1636	1472

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, diperoleh kesimpulan bahwa arah angin berpengaruh terhadap redaman hujan pada Metode Synthetic Storm. Dengan demikian untuk menerapkan Metode Synthetic Storm selain kecepatan angin juga diperlukan data arah angin. Metode Synthetic Storm dapat diaplikasikan untuk mendapatkan distribusi redaman hujan di Indonesia yaitu kota-kota lain selain Surabaya, dengan mengetahui data curah hujan dan kecepatan angin serta arah angin.

Statistik fading sangat dipengaruhi oleh variasi wilayah, frekuensi, jenis polarisasi, batas threshold, arah angin dan arah link komunikasi serta panjang link komunikasi. Sehingga dalam merancang sistem komunikasi harus memperhatikan hal-hal tersebut. Perancangan kontrol daya FMT harus memperhitungkan arah dan kecepatan angin. Dalam perancangan kontrol daya jika panjang lintasan yang diinginkan semakin panjang, maka equalizer juga harus dirancang untuk bisa mengikuti variasi sinyal yang semakin cepat.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. M.M.J.L.van de Kamp, dan L.Castanet., "Fade Dynamics Review," Cost action 280, International workshop July 2002, hal 1-20.
- [2]. Róbert Singliar, Balázs Héder and János Bitó Budapest University of Technology and Economics," Rain Fade Slope Analysis", Bordeaux, France 12-14 December 2005
- [3]. Made Sutha Yadnya Jurusan Teknik Elektro Universitas Mataram "Pembangkitan Fading Curah Hujan Dengan Model Data Berdistribusi Lognormal Untuk Pendisainan Komunikasi LMDS" Riset Makalah Vol. 7 No. 2 Juli - Desember 2008
- [4]. Mohd Afzan Bin Othman Universiti Teknologi Malaysia "Rain models for the prediction of Fade Duration at millimeter wavelengths" Tesis November 2006
- [5]. Mahmudah, H., "Prediksi Redaman Hujan Menggunakan Synthetic Storm Technique (SST)", Master's thesis, ITS, 2008
- [6]. Wijayanti, A. "Karakteristik Variasi Spasial Curah Hujan dan Redaman Spesifik di Surabaya", Master's thesis, ITS, 2008
- [7]. Batubara, F. "Studi mengenai fade dynamics untuk evaluasi sistem kontrol daya adaptif", Master's thesis, ITS, 2008
- [8]. Robert E. Collin, "Antennas and Radiowave Propagation", Mc Graw-Hill, Inc 1985.
- [9]. Nacwan, Mufti A, ST "System Komunikasi Bergerak", Fading Mitigation
- [10]. Van De Kamp, Dan Castanet, "Propagation impairment mitigation for millimeter wave radio system", cost 280, internasional workshop July 2002, hal 2
- [11]. ITU-R P.1623-1, "Prediction method of fade dynamics on Earth-space paths", ITU, Geneva, 2005
- [12]. Kanellopoulos J. D. and P. Kafetzis, "Comparison of the Synthetic Storm Tehnique with a Conventional Rain attenuation Prediction Model", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. AP-34, no.5. May 1986.