

Kinerja Sistem Komunikasi Satelit Ka-Band Menggunakan *Site Diversity* di Daerah Tropis

Krisnatianto Tanjung, Gamantyo Hendratoro, dan Achmad Mauludiyanto
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111
e-mail: gamantyo@ee.its.ac.id , maulud@ee.its.ac.id

Abstrak—Kebutuhan layanan komunikasi saat ini semakin meningkat sehingga membutuhkan alokasi pita frekuensi yang besar. Ka-band (*Kurtz-above band*) adalah pita gelombang mikro dari spektrum elektromagnetik dengan jangkauan antara 26 GHz – 40 GHz. Frekuensi Ka-band yang digunakan pada sistem komunikasi satelit adalah sebesar 20 GHz (*Downlink*) dan 30 GHz (*Uplink*). Namun, pada kondisi daerah tropis seperti Indonesia dimana intensitas curah hujan yang cukup tinggi dapat menyebabkan kondisi sistem komunikasi satelit akan teredam di sisi penerima. Salah satu metode untuk mengatasi dampak redaman hujan adalah *site diversity*. Metode *site diversity* adalah metode dengan proses transmisi dari satelit ka-band ke lebih dari satu lokasi stasiun bumi. Sehingga pentransmisi sinyal komunikasinya akan menggunakan link yang memiliki redaman hujan terkecil yang bertujuan untuk menjamin bahwa redaman hujan yang terjadi pada lokasi stasiun bumi pertama tidak lebih besar dari lokasi stasiun bumi yang kedua, begitu pula sebaliknya. Lokasi stasiun bumi yang digunakan adalah lokasi perak dan lokasi juanda. Tujuan penggunaan *site diversity* untuk meningkatkan nilai *signal to noise ratio* (SNR). Penerapan metode *site diversity* pada sistem komunikasi satelit ka-band mengakibatkan adanya peningkatan kinerja sistem komunikasi bila dibandingkan dengan sistem komunikasi tanpa *site diversity*. Hal tersebut dapat dilihat pada probabilitas 0,1% nilai SNR pada link perak dengan kondisi *downlink* sebesar -4,349 dB dan *uplink* sebesar 0,09804 dB, sedangkan dengan menggunakan teknik *selection combining* menghasilkan nilai SNR kondisi *downlink* sebesar 10,31 dB dan *uplink* sebesar 25,15 dB.

Kata Kunci—Redaman Hujan, Satelit ka-band, *Selection Combining*, *Signal to Noise Ratio*, *Site Diversity*.

I. PENDAHULUAN

DENGAN semakin berkembangnya zaman, tentu saja kebutuhan layanan komunikasi semakin meningkat. Begitu juga dengan layanan komunikasi satelit, sehingga membutuhkan alokasi pita frekuensi yang besar. Ka-band (*Kurtz-above band*) adalah pita gelombang mikro dari spektrum elektromagnetik dengan jangkauan antara 26 GHz – 40 GHz. Frekuensi ka-band yang dapat digunakan pada sistem komunikasi satelit adalah sebesar 20 GHz (*Downlink*) dan 30 GHz (*Uplink*) [1]. Dengan adanya frekuensi sebesar itu, maka memungkinkan pelanggan untuk mengadakan transmisi data

atau voice, *internet connection*, dan *television broadcasting* berkecepatan tinggi.

Namun, pada kondisi daerah tropis dimana intensitas curah hujan yang cukup tinggi dapat menyebabkan kondisi sinyal transmisi komunikasi satelit akan teredam sehingga noise akan meningkat di sisi penerima. Hal tersebut terjadi karena semakin tinggi frekuensi maka semakin rentan terhadap gangguan-gangguan atmosfer bumi, khususnya redaman hujan.

Metode yang dapat digunakan untuk menghindari dampak adanya redaman hujan adalah dengan metode *site diversity*. Metode *site diversity* adalah metode dengan memilih transmisi dari satelit ka-band ke lokasi stasiun bumi yang memiliki redaman hujan terkecil atau SNR terbesar, kemudian ditransmisikan secara terestrial ke lokasi stasiun bumi yang dituju.

Pada makalah ini dilaporkan evaluasi *site diversity* yang diterapkan di daerah tropis. Evaluasi dengan metode *synthetic storm technique* (SST) menggunakan data curah hujan di 2 stasiun bumi di Surabaya yang berjarak 22,05 Km.

II. METODE

A. *Synthetic Storm Technique* (SST)

Metode *Synthetic Storm Technique* mendeskripsikan suatu intensitas curah hujan sebagai fungsi dari panjang suatu lintasan/link (Km) dimana hujan tersebut bergerak sepanjang lintasan karena adanya pergerakan dari angin dengan kecepatan tertentu. Pada *synthetic storm technique* angin bergerak dengan kecepatan terbatas v (Km/s) dan digunakan untuk merubah waktu sampling dari pengukuran intensitas curah hujan menggunakan alat pengukur hujan dengan distribusi spatial sepanjang lintasan. Dari besarnya kecepatan angin dan arah angin maka diperoleh kecepatan angin dalam lintasan v_r .

Intensitas curah hujan R (mm/h) diukur menggunakan alat ukur *Rain Gauge* dengan waktu sampling (T) 60 detik sepanjang lintasan dengan jarak tertentu. Data intensitas curah hujan yang digunakan selama 3 bulan pada bulan Nopember-Desember 2011 dan bulan Januari 2012. Kecepatan angin pada link satelit (V_r) dihitung dengan rumus berikut:

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

dengan v adalah kecepatan angin, θ adalah sudut yang dibentuk antar link, dan α adalah sudut kedatangan angin.

Pembagi lintasan L dapat diperoleh dengan rumusan sebagai berikut:

$$\Delta L = (v_r \times T) / \cos(Elv) \tag{2}$$

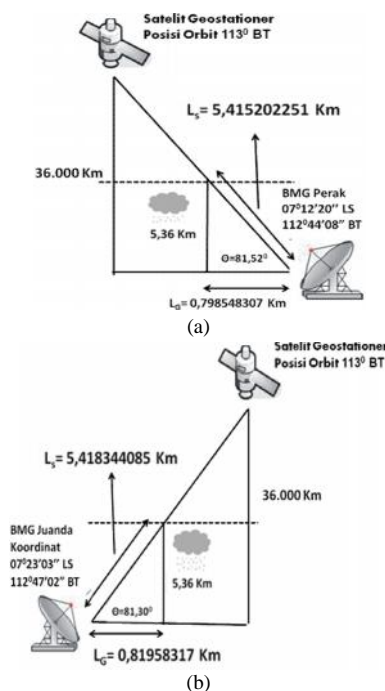
dengan T adalah waktu sampling dan Elv adalah sudut elevasi satelit dengan stasiun bumi.

Total redaman A (dB) hujan dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$A_m = \sum_{j=0}^{n-1} aR_{m-j}^b \times \Delta L_j \tag{3}$$

dengan R adalah intensitas hujan (mm/hour), $n = L / \Delta L$, dan koefisien k dan b bergantung dari frekuensi gelombang radio, polarisasi gelombang radio dan *canting angle* (sudut jatuh) dari hujan. Koefisien tersebut berdasarkan pada ITU-R P.838-3 Tahun 2005 [2]. Dimana untuk frekuensi 30 GHz (*Uplink*) adalah $a=0.2403$ dan $b=0.9485$ dan frekuensi 20 GHz (*Downlink*) adalah $a=0.09164$ dan $b=1.0568$.

Satelit ka-band yang digunakan adalah satelit geostationer dengan koordinat 113° BT. Untuk lokasi stasiun bumi digunakan 2 stasiun bumi, yaitu stasiun bumi perak sebagai *main station* dengan koordinat $07^\circ 12' 20''$ LS dan $112^\circ 44' 08''$ BT dan stasiun bumi juanda sebagai *diversity station* dengan koordinat $07^\circ 23' 03''$ LS dan $112^\circ 47' 02''$ BT. Jarak dan sudut elevasi link satelit ka-band dengan stasiun bumi diperlihatkan pada gambar 1 [3].



Gambar 1. Panjang link redaman hujan antara satelit ka-band dengan (a) stasiun bumi perak, (b) stasiun bumi juanda

Ketinggian hujan pada sistem komunikasi satelit dengan stasiun bumi didapatkan dari persamaan ITU-R P.839-3 [4] dan panjang link redaman hujan antara satelit dengan stasiun bumi didapatkan dari persamaan ITU-R P.618-9 [5].

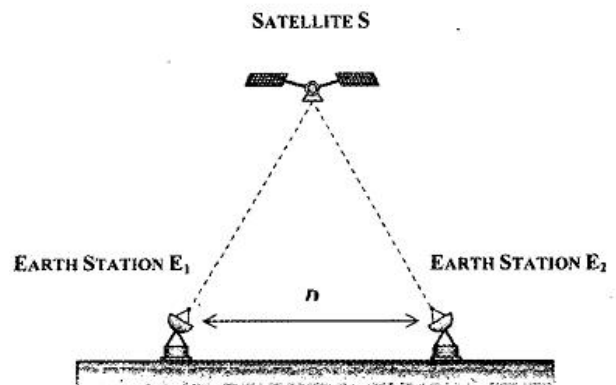
Hasil perhitungan link komunikasi antara satelit ka-band dengan stasiun bumi ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Panjang link komunikasi antara Satelit ka-band dengan link stasiun bumi perak dan stasiun bumi juanda

Tinggi Satelit ka-band	36000 km
Tinggi Redaman Hujan	5,36 km
Jarak Satelit dengan Stasiun Bumi Perak (<i>Main Station</i>)	35852,21 km
Sudut Elevasi Stasiun Bumi Perak	$81,52^\circ$
Panjang Redaman Hujan Link Perak	5,415202251 km
Jarak Satelit dengan Stasiun Bumi Juanda (<i>Diversity Station</i>)	35855,17 km
Sudut Elevasi Stasiun Bumi Juanda	$81,30^\circ$
Panjang Redaman Hujan Link Juanda	5,418344085 km

B. Site Diversity

Salah satu teknik sederhana dan efisien untuk mengatasi kerusakan yang diakibatkan oleh adanya *fading* dan redaman hujan adalah dengan menggunakan metode *site diversity*. Konsep *site diversity* sangat sederhana yaitu jika satu lintasan gelombang radio mengalami gangguan yang disebabkan oleh *fading* dan redaman hujan, dimungkinkan ada lintasan-lintasan lainnya yang memiliki sinyal lebih bagus. Dengan adanya banyak lintasan untuk dipilih, maka rata-rata SNR dapat diperbaiki pada penerima. Konfigurasi *site diversity* diperlihatkan pada gambar 2.



Gambar 2. Metode *site diversity*

Signal to Noise Ratio merupakan perbandingan daya sinyal yang diterima dengan daya noise yang ada pada saat transmisi. Perhitungan diperoleh dengan rumus berikut:

$$SNR_{dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_{signal}}{P_{noise}} \right) \tag{4}$$

Daya noise yang ada pada transmisi dapat diperoleh dari rumus berikut:

$$P_{noise} = KTB \tag{5}$$

dengan K adalah konstanta Boltzman $1,3803 \times 10^{-23}$ W sec/K = -228,6 dB w/ K. Koefisien T adalah Temperatur receiver dan koefisien B adalah bandwidth.

Untuk mendapatkan nilai SNR pada link komunikasi yang terkena redaman hujan maka nilai SNRcs atau redaman pada kondisi *clear sky* dikurangi dengan nilai redaman hujan A . Persamaan untuk mencari nilai SNR dapat dilihat pada persamaan berikut [6]:

$$\left(\frac{S}{N}\right) = \left(\frac{S}{N}\right)_{CS} - A \quad \text{dB} \quad (6)$$

dengan $\left(\frac{S}{N}\right)_{CS}$ adalah SNR pada kondisi *clear sky* dan A adalah total redaman hujan pada suatu link. Teknik *diversity* dengan *selection combining* merupakan teknik *diversity combining* yang paling sederhana. Pada teknik ini, penerima memilih sinyal yang paling baik, dalam hal ini sinyal dengan SNR terbesar [7]. Nilai SNR dari *selection combining* (x_d) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$x_d = \max(x_1, x_2) \quad (7)$$

dengan x_1 dan x_2 berturut-turut adalah SNR yang terukur di stasiun bumi perak dan juanda.

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Intensitas Curah Hujan

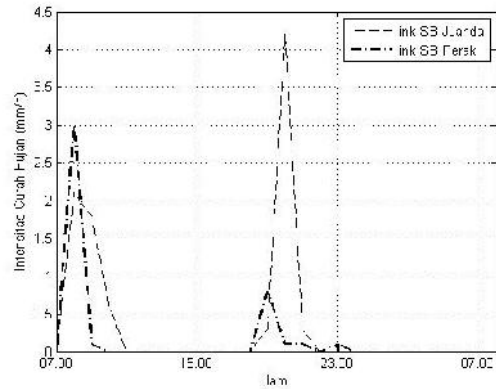
Pengukuran curah hujan dilakukan di daerah Perak melalui BMKG Perak dan daerah Juanda melalui BMKG Juanda menggunakan alat ukur *Rain Gauge*. Dari hasil pengukuran diperoleh data curah hujan selama 3 bulan yaitu bulan Nopember - Desember tahun 2011 dan Januari 2012 dengan waktu sampling (T) 60 detik. Hasil pengukuran curah hujan di Perak dan Juanda dapat digambarkan dalam kurva per-hari dan kurva CCDF (*Complementary Cumulative Distribution Function*) seperti pada gambar 3 yang menunjukkan bahwa curah hujan di daerah Perak dan Juanda berbeda-beda pada interval waktu yang sama.

B. Redaman Hujan

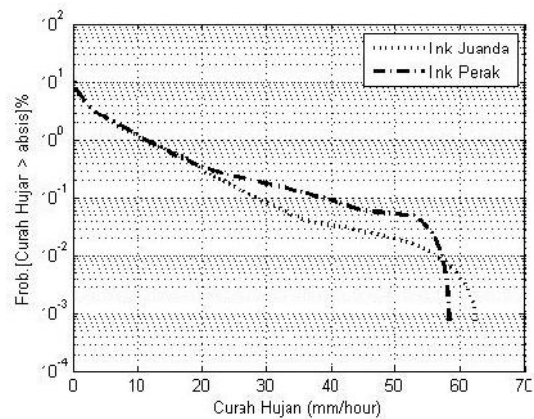
Kurva redaman hujan per-hari ditunjukkan pada gambar 4 dengan kondisi *downlink* dan *uplink*. Berdasarkan gambar 4 dapat dilihat besarnya redaman hujan pada kondisi *downlink* dan *uplink* sebanding dengan nilai intensitas curah hujan yang ada. Hal ini dapat dilihat pada gambar 3 dimana pada jam 07.40 dengan curah hujan pada link perak sebesar 1,067 mm/hour menghasilkan nilai redaman hujan kondisi *downlink* sebesar 0,55 dB. Sedangkan pada jam 20.20 dengan curah hujan pada link perak sebesar 0,1 mm/hour menghasilkan nilai redaman hujan kondisi *downlink* sebesar 0,05 dB.

Dari gambar 4 dapat dilihat juga nilai redaman hujan pada kondisi *uplink* lebih besar dari kondisi *downlink*. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 3 dimana pada jam 07.40 dengan

curah hujan sebesar 1,067 mm/hour pada link perak menghasilkan redaman hujan dengan kondisi *downlink* (20 GHz) sebesar 0,55 dB, sedangkan pada kondisi *uplink* (30 GHz) menghasilkan redaman hujan sebesar 1,44 dB. Sehingga dapat ditunjukkan bahwa frekuensi sebanding dengan nilai redaman hujan.



(a)



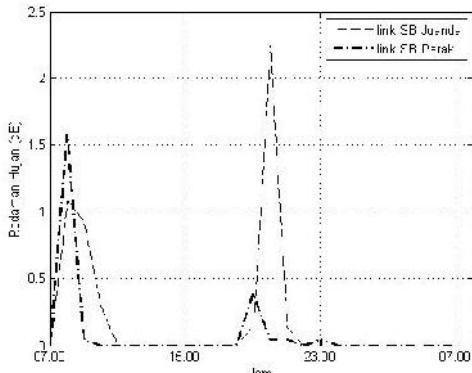
(b)

Gambar 3. Intensitas curah hujan di BMKG perak dan BMKG juanda surabaya (a) Kurva per-hari tanggal 31 Januari 2012, (b) Kurva CCDF

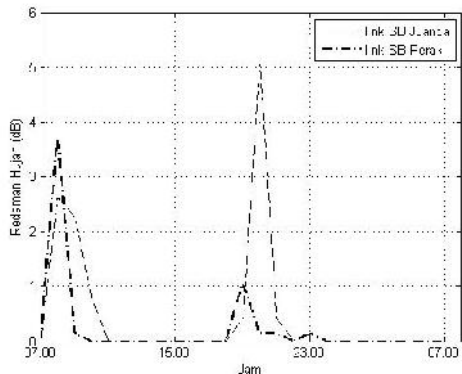
Kurva redaman hujan per-hari pada gambar 4 akan direpresentasikan dalam bentuk *Complement Cumulative Distribution Function* (CCDF) untuk semua *event* terjadinya hujan dalam interval rentang waktu 3 bulan. Dimana sumbu absisnya menunjukkan nilai redaman hujan dalam dB dan sumbu ordinatnya menunjukkan prosentase probabilitas nilai redaman hujan lebih besar dari nilai absisnya. Kurva CCDF redaman hujan ditunjukkan pada gambar 5.

Berdasarkan gambar 5 dapat dilihat besarnya nilai CCDF redaman hujan pada kondisi *downlink* dan kondisi *uplink*. Nilai redaman hujan sebanding dengan intensitas curah hujan yang ada. Hal tersebut dapat dilihat pada probabilitas 0,1% di link perak terdapat curah hujan sebesar 38,99 mm/hour menghasilkan redaman hujan kondisi *downlink* sebesar 26,39 dB dan *uplink* sebesar 46,73 dB. Sedangkan pada probabilitas 0,01% di link perak terdapat curah hujan sebesar 57,38 mm/hour menghasilkan redaman hujan kondisi *downlink* sebesar 35,84 dB dan *uplink* sebesar 60,61 dB. Pada probabilitas 0,1% di link juanda terdapat curah hujan sebesar

28,58 mm/hour menghasilkan redaman hujan kondisi *downlink* sebesar 26,35 dB dan *uplink* sebesar 48,03 dB. Sedangkan pada probabilitas 0,01% di link juanda terdapat curah hujan sebesar 56,42 mm/hour menghasilkan redaman hujan kondisi *downlink* sebesar 56,07 dB dan *uplink* sebesar 95,02 dB.



(a)



(b)

Gambar 4. Grafik redaman hujan per-hari tanggal 31 Januari 2012 link perak dan link juanda (a) kondisi *downlink*; (b) kondisi *uplink*.

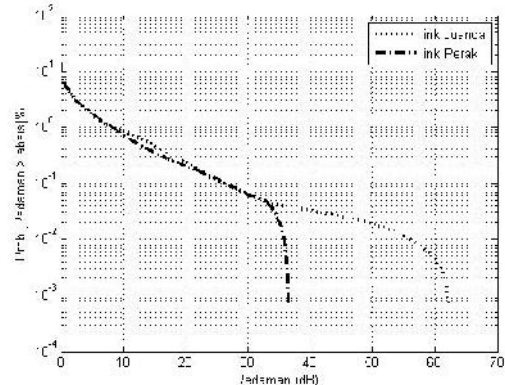
Nilai redaman hujan pada kondisi *uplink* lebih besar dari pada kondisi *downlink*. Hal tersebut dapat dilihat pada probabilitas 0,1% di link perak, redaman hujan pada kondisi *downlink* sebesar 26,39 dB dan kondisi *uplink* sebesar 46,73 dB. Pada link juanda dengan probabilitas 0,1%, nilai redaman hujan pada kondisi *downlink* sebesar 26,35 dB dan kondisi *uplink* sebesar 48,03 dB.

C. Kinerja Selection Combining

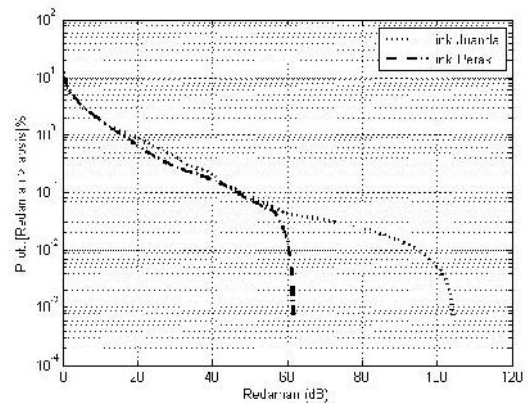
Pengamatan kinerja *selection combining* dilakukan dengan menghitung nilai setiap SNR pada link perak dan link juanda. Setelah mendapatkan nilai SNR dari setiap link, maka dengan teknik *selection combining* akan memilih nilai SNR terbesar dari link Perak dan link Juanda. Hasil perhitungan SNR kondisi *downlink* dan kondisi *uplink* untuk link Perak, link Juanda, dan hasil *selection combining* direpresentasikan dalam bentuk kurva per-hari yang ditunjukkan pada gambar 6.

Berdasarkan gambar 6 besarnya nilai *signal to noise ratio* tidak sebanding dengan nilai redaman hujan yang ada. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4 jam 15.20 pada link perak dan link juanda dimana tidak terdapat redaman hujan atau redaman hujan sebesar 0 dB, maka nilai SNR pada link perak

sebesar 22,05 dB dan link juanda sebesar 22,04 dB. Sedangkan pada jam 20.20 dimana terjadi redaman hujan pada link perak sebesar 0,05 dB dan link juanda sebesar 1,61 dB, maka menghasilkan nilai SNR pada link perak sebesar 22 dB dan link juanda sebesar 20,42 dB.



(a)



(b)

Gambar 5. Grafik CCDF redaman hujan link perak dan link juanda (a) kondisi *downlink*; (b) kondisi *uplink*.

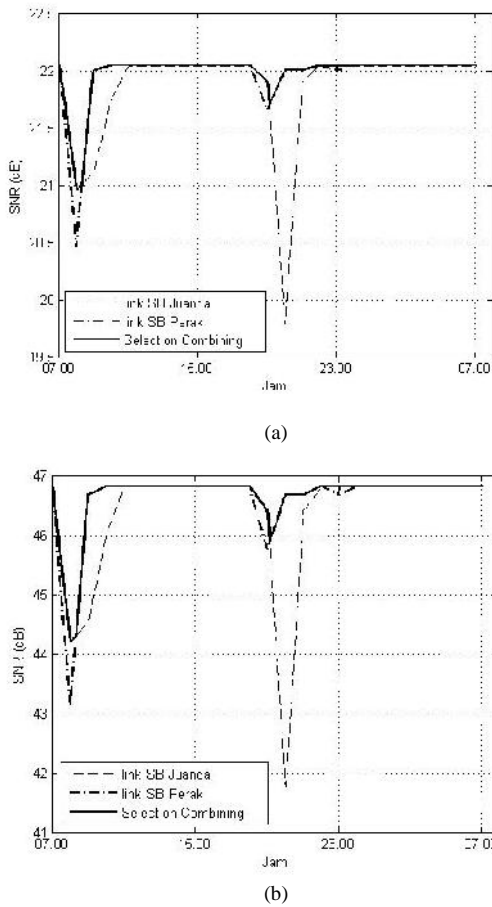
Dengan menggunakan teknik *selection combining*, maka sistem akan memilih nilai SNR yang terbesar pada selang waktu yang sama. Pada gambar 6 diperlihatkan bahwa apabila nilai SNR link juanda lebih besar dari pada SNR link perak, maka sistem komunikasi akan memilih menggunakan link juanda. Namun, apabila nilai SNR link perak lebih besar dari pada SNR link juanda, maka sistem komunikasi akan menggunakan link perak.

Kurva *signal to noise ratio* pada gambar 6 akan direpresentasikan dalam bentuk *Cumulative Distribution Function* (CDF) untuk semua hari besarnya nilai *signal to noise ratio* dalam interval rentang waktu 3 bulan yang diperlihatkan pada gambar 7. Dimana sumbu absisnya menunjukkan nilai *signal to noise ratio* dalam dB dan sumbu ordinatnya menunjukkan prosentase probabilitas nilai *signal to noise ratio* kurang dari atau sama dengan nilai absisnya.

Berdasarkan gambar 7 dapat dilihat besarnya CDF nilai *signal to noise ratio* untuk link perak dan link juanda pada kondisi *downlink* dan kondisi *uplink*. Pada kondisi *downlink* besarnya nilai *signal to noise ratio* saat peluang kemunculan 0,1% pada link perak sekitar -4,349 dB dan link juanda sekitar

-0,8984 dB, sedangkan nilai *signal to noise ratio* link yang menggunakan teknik *selection combining* pada peluang kemunculan 0,1% sekitar 10,31 dB. Hal ini berarti peluang terjadinya SNR menggunakan teknik *selection combining* lebih dari 10,31 dB mendekati 99,9%. Pada kondisi *uplink* besarnya nilai *signal to noise ratio* saat peluang kemunculan 0,1% pada link perak sekitar 0,09804 dB dan link juanda sekitar 3,786 dB, sedangkan nilai *signal to noise ratio* link yang menggunakan teknik *selection combining* pada peluang kemunculan 0,1% sekitar 25,15 dB. Hal ini berarti peluang terjadinya SNR menggunakan teknik *selection combining* lebih dari 25,15 dB mendekati 99,9%. Adanya nilai SNR negatif disebabkan nilai redaman hujan yang lebih besar dari pada nilai SNR *clear sky*.

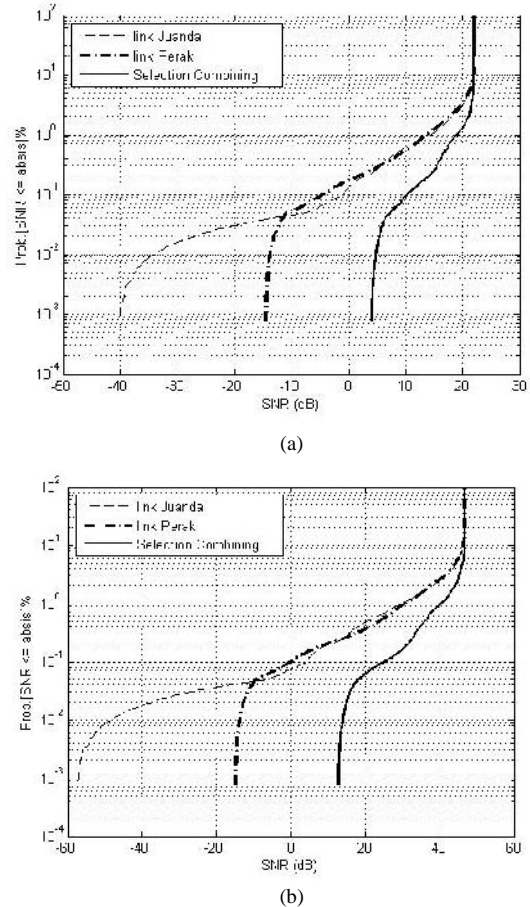
downlink sebesar 35,84 dB dan *uplink* sebesar 60,61 dB yang menghasilkan nilai SNR kondisi *downlink* sebesar -13,8 dB dan *uplink* sebesar -13,79 dB.



Gambar 6. Grafik *signal to noise ratio* per-hari tanggal 31 Januari 2012 link perak dan link juanda (a) kondisi *downlink*; (b) kondisi *uplink*.

Pada tabel 2 menampilkan besarnya nilai *signal to noise ratio* berdasarkan peluang kemunculannya pada kondisi *downlink* dan kondisi *uplink* untuk link perak, link juanda, dan link yang menggunakan teknik *selection combining*.

Dari tabel 2 dapat dilihat nilai SNR tidak sebanding dengan nilai redaman hujan. Hal tersebut dapat dilihat pada probabilitas 0,1% di link perak terdapat redaman hujan kondisi *downlink* sebesar 26,39 dB dan *uplink* sebesar 46,73 dB yang menghasilkan nilai SNR kondisi *downlink* sebesar -4,349 dB dan *uplink* sebesar 0,09804 dB. Pada probabilitas 0,01% di link perak terdapat redaman hujan kondisi



Gambar 7. Grafik CDF *signal to noise ratio* link perak dan link juanda (a) kondisi *downlink*; (b) kondisi *uplink*.

Tabel 2. *Signal to noise ratio* kondisi *downlink* dan kondisi *uplink*.

Jenis Link	Probabilitas (outage)	KONDISI DOWNLINK		KONDISI UPLINK	
		SNR (dB)	SNR Selection Combining (dB)	SNR (dB)	SNR Selection Combining (dB)
Link Perak	1%	13,73	19,06	30,96	40,42
	0,1%	-4,349	10,31	0,09804	25,15
	0,01%	-13,8	4,877	-13,79	14,12
	0,001%	-14,44	4,174	-14,77	12,91
Link Juanda	1%	14,54	19,06	30,02	40,42
	0,1%	0,8984	10,31	3,786	25,15
	0,01%	-34,03	4,877	-48,2	14,12
	0,001%	-40,03	4,174	-57,28	12,91

Dari tabel 2 dapat dilihat nilai SNR hasil *selection combining* dapat meningkatkan nilai SNR yang ada pada *main station*. Hal tersebut dapat dilihat pada probabilitas 0,1% nilai SNR pada link perak dengan kondisi *downlink* sebesar -4,349 dB dan *uplink* sebesar 0,09804 dB, sedangkan dengan menggunakan teknik *selection combining* menghasilkan nilai SNR kondisi *downlink* sebesar 10,31 dB dan *uplink* sebesar 25,15 dB.

Dari tabel 2 dapat dilihat nilai SNR hasil *selection combining* kondisi *uplink* lebih besar dari kondisi *downlink*. Hal tersebut dapat dilihat pada probabilitas outage 0,1% nilai SNR hasil *selection combining* kondisi *uplink* sebesar 25,15 dB dan *downlink* sebesar 10,31 dB. Pada probabilitas outage 0,01% nilai SNR hasil *selection combining* kondisi *uplink* sebesar 14,12 dB dan *downlink* sebesar 4,877 dB.

D. Analisis Diversity Gain

Pada bagian ini akan dibahas tentang analisis *diversity gain*. Selisih antara nilai SNR yang didapatkan dari hasil teknik *selection combining* dengan nilai SNR *main station*, yaitu link perak pada konfigurasi link independent (tanpa pengaruh diversity) disebut *diversity gain*. Adapun hasil perhitungan nilai *diversity gain* pada link Perak dan Juanda untuk kondisi *downlink* dan *uplink* dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil perhitungan *diversity gain* untuk kondisi *downlink* dan kondisi *uplink*.

Probabilitas Outage	Diversity Gain (dB)	
	Downlink (20 GHz)	Uplink (30 GHz)
1%	5,33	9,46
0.1%	14,659	25,05196
0.01%	18,677	27,91
0.001%	18,614	27,68

Berdasarkan tabel 3 pada kondisi *downlink* besarnya *diversity gain* pada probabilitas outage 0,1% sebesar 14,659 dB, dimana ini merupakan selisih antara link *selection combining* sebesar 10,31 dB dengan link perak (link *main station*) sebesar -4,349 dB. Begitu juga pada kondisi *uplink* dimana besarnya *diversity gain* pada probabilitas outage 0,1% sebesar 25,05196 dB yang berasal dari selisih antara link *selection combining* sebesar 25,15 dB dengan link perak (link *main station*) sebesar 0,09804 dB.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

Intensitas curah hujan pada dua lokasi stasiun bumi yang berjarak 22,05 Km mengalami perbedaan, meski diukur dalam waktu bersamaan. Hal tersebut dapat dilihat pada probabilitas 0,1% nilai intensitas curah hujan di BMKG Perak sebesar 38,99 mm/hour, sedangkan di BMKG Juanda pada probabilitas 0,1% sebesar 28,58 mm/hour, sehingga hal ini dapat mempengaruhi kinerja sistem komunikasi satelit. Setelah didapatkan nilai intensitas curah maka akan digunakan untuk membuat pemodelan redaman hujan, dimana intensitas curah hujan dan frekuensi yang digunakan sebanding dengan nilai redaman hujan. Hal tersebut dapat dilihat pada probabilitas 0,1% di link perak dengan curah hujan sebesar 38,99 mm/hour menghasilkan redaman hujan kondisi *downlink* sebesar 26,39 dB dan *uplink* sebesar 46,73 dB. Sedangkan pada probabilitas 0,01% di link perak dengan curah hujan sebesar 57,38 mm/hour menghasilkan redaman hujan kondisi *downlink* sebesar 35,84 dB dan *uplink* sebesar 60,61 dB.

Teknik *selection combining* dapat diterapkan pada sistem komunikasi satelit ka-band di daerah tropis, karena dapat

meningkatkan nilai *signal to noise ratio*. Hal tersebut dapat dilihat pada probabilitas 0,1% nilai SNR pada link perak dengan kondisi *downlink* sebesar -4,349 dB dan *uplink* sebesar 0,09804 dB, sedangkan dengan menggunakan teknik *selection combining* menghasilkan nilai SNR kondisi *downlink* sebesar 10,31 dB dan *uplink* sebesar 25,15 dB. Kinerja sistem komunikasi dengan menggunakan teknik *selection combining* pada hubungan *uplink* lebih baik dari pada hubungan *downlink*. Hal tersebut dapat dilihat pada probabilitas outage 0,1% nilai SNR hasil *selection combining* pada kondisi *uplink* sebesar 25,15 dB dan *downlink* sebesar 10,31 dB.

Penggunaan metode *site diversity* dengan teknik *selection combining* dapat menghasilkan nilai *gain* pada kondisi *downlink* sebesar 14,659 dB dan *uplink* sebesar 25,05196 dB pada *link availability* sebesar 99,9% untuk kondisi redaman hujan di Indonesia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Indonesia yang telah memberikan dukungan finansial melalui Program Kreativitas Mahasiswa bidang Penelitian tahun 2012 yang berjudul Analisis Peningkatan Kualitas Sinyal Satelit Ka-band dengan Metode Site Diversity untuk Mengurangi Dampak Redaman Hujan di Daerah Tropis. Terima kasih juga kepada Yayasan Karya Salemba Empat yang telah memberikan dukungan finansial yang berupa beasiswa skripsi periode 2011-2012 kepada K.Tanjung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Miller, "Ka-Band – The Future of Satellite Communication?" (2007).
- [2] ITU R P.838-3, "Specific attenuation model for rain for use in prediction methods" (2005).
- [3] D. Roddy, *Satellite Communications*: McGraw Hill Telecom Engineering (2001) hal 71.
- [4] ITU R P.839-3, "Rain height model for prediction methods" (2001).
- [5] ITU R P.618-9, "Propagation data and prediction methods required for the design of Earth-space telecommunication systems" (2007).
- [6] Y.C. Chu, K.S. Chen "Effect of Rain Fading on Efficiency of Ka-Band LMDS Sistem in The Taiwan Area", *IEEE Trans. On Vehicular Technology*, vol 54 (2005, January).
- [7] Suwadi, G. Hendranto, C.D. Murdaningtyas, "Kinerja Selection Combining dan Adaptive Coded Modulation Pada Sistem Komunikasi Nirkabel Gelombang Milimeter Di Bawah Pengaruh Redaman Hujan di Indonesia" (2009).