

Implementasi *Microwave Link* sebagai *Backhaul* Jaringan Metropolitan berdasarkan Metoda *Search Angle* dan Analisis 3D *Fresnel*

Rivaldo Sanofta Ilham¹, Hasdi Radiles², Teddy Purnamirza³, Sutoyo⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN Suska Riau
Jl. HR. Soebrantas No.155 Panam, Pekanbaru
e-mail: ¹11755102847@students.uin-suska.ac.id, ²hasdi@uin-suska.ac.id

Abstrak

Kebutuhan jaringan intranet di lingkungan UIN SUSKA Riau merupakan suatu keharusan demi mendapatkan pelayanan keamanan dan pembiayaan yang lebih efektif dan efisien. Realisasi jaringan intranet ini dapat dilakukan dengan membangun *microwave link* sebagai *backhaul* pada arsitektur jaringan Metropolitan yang menghubungkan kedua jaringan lokal sebelumnya. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan rekomendasi lokasi *transceiver* di kedua kampus UIN SUSKA Riau berdasarkan metoda *search angle* dan menganalisis kinerjanya dengan menggunakan perhitungan *Fresnel zone* secara tiga dimensi. Redaman hujan kemudian ditambahkan sebagai tambahan margin daya untuk mendapatkan *avallibilitas link* yang lebih baik. Aplikasi *LINKPlanner* dan *Google Earth Pro* digunakan untuk mendapatkan dan menganalisis data. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metoda yang digunakan berhasil mendefinisikan lokasi *transceiver* dengan ketinggian antena 45 meter pada kampus Panam dan 60 meter di kampus Sukajadi dengan *RSL* maksimum -41.58 dBm dan minimum -57.48 dBm.

Kata kunci: *microwave link, backhaul, search angle, 3D fresnel, MAN*

Abstract

The need for an intranet network in UIN SUSKA Riau is a must in order to obtain more effective and efficient security and financing services. The realization of this network can be done by building a *microwave link* as a *backhaul* on the Metropolitan network that connects the two local networks. This study provide recommendations for *transceiver* locations on both campuses based on *search angle* method and analyze their performance using three-dimensional *Fresnel zone*. Rain attenuation is then added as an additional power margin for better link *avallibility*. The *LINKPlanner* and *Google Earth Pro* applications were used to obtain and analyze data. The results showed that the method used was successful in defining the location of the *transceiver* with an antenna height of 45 meters on the Panam campus and 60 meters on the Sukajadi campus with a maximum *RSL* of -41.58 dBm and a minimum of -57.48 dBm.

Keywords: : *microwave link, backhaul, search angle, 3D fresnel, MAN*

1. Pendahuluan

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim (UIN SUSKA) Riau saat ini memiliki dua kampus yang terpisah oleh jarak, yakni kampus Panam dan Sukajadi. Solusi integrasi jaringan saat ini dilakukan secara internet di mana pertukaran informasi dan komunikasi antara kedua kampus saat ini diselenggarakan melalui interkoneksi dua *Internet Service Provider* (ISP) yang berbeda. Sehingga budaya kerja yang terbangun di antara civitas akademika mengharuskan mereka menggunakan aplikasi khusus dalam konteks keamanan daring [1]. Kebutuhan akan keamanan pertukaran informasi dan komunikasi antar civitas akademika sangat diperlukan dalam membangun budaya kerja dalam kondisi *new normal* era [2]. Meskipun fungsi ini dapat dilakukan dalam *platform* internet ataupun *ekstranet*, tetapi dalam permasalahan pembiayaan dan keamanan masih menjadi ancaman yang harus diperhatikan. Fakta membuktikan bahwa penggunaan internet (jaringan luar) dalam urusan administrasi yang bersifat sensitif juga memiliki resiko yang tinggi dalam keamanan data [3]. Pada tahun 2021, sudah terjadi kasus bocornya data-data mahasiswa dua kampus di Indonesia [4], [5]. Sehingga, kebutuhan infrastruktur jaringan yang terintegrasi secara fisik, yakni intranet merupakan hal

terpenting yang harus dimiliki oleh suatu organisasi berteknologi modern, seperti halnya universitas [6].

Demi mewujudkan keberadaan intranet pada kedua kampus UIN SUSKA Riau dilakukanlah perluasan area jaringan kampus lokal menjadi *Metropolitan Area Network* (MAN). Hal ini dapat dilakukan dengan menginterkoneksi *Campus Area Network* (CAN) pada kedua kampus tersebut melalui sebuah *link backhaul*. Ketika komunikasi antar kedua kampus telah menjadi satu administrasi jaringan yang sama, permasalahan-permasalahan yang melibatkan integrasi antar dua kampus ini dapat diatasi dengan lebih baik. Model interkoneksi yang ditawarkan dalam teknologi telekomunikasi saat ini dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa teknologi *backhaul*, seperti satelit, serat optik dan *microwave* [7]. Penggunaan teknologi satelit cenderung eksklusif dan mahal dalam konteks integrasi kampus [8]. Implementasi jaringan optik tidak memungkinkan dilakukan dengan alasan kondisi penggalian jaringan kabel di area perkotaan [9]. Sedangkan pemanfaatan komunikasi *terrestrial point to point microwave* cenderung lebih fleksibel baik dalam implementasi maupun dalam hal perizinannya.

Meskipun demikian, komunikasi *microwave* ini tidak hanya membutuhkan kondisi yang bersifat *Line of Sight* (LoS), tetapi juga harus memenuhi kriteria *Fresnel zone* pada kondisi minimum. Istilah *line of sight* itu sendiri merupakan keadaan *link* yang terhubung lurus baik secara optis maupun radio, sehingga seluruh daya yang dipancarkan dapat diakumulasikan pada sisi penerima, tanpa adanya *multipath* [10]. Sehingga implementasi *microwave link* ini harus memperhatikan keberadaan *obstacle* antara kedua titik pemancar/penerima secara geografis. Kriteria dan perhitungan detail terkait *Fresnel zone* telah banyak dijelaskan dalam penelitian terkait *microwave* [11]. Gambaran *Fresnel zone* dalam dua dimensi ini mesti dikaji ulang penggunaannya mengingat keberadaan gedung-gedung tinggi di area perkotaan relatif berdekatan. Oleh karena itu diperlukan perbaikan analisis dalam ruang tiga dimensi, sehingga gambaran *Fresnel zone* dapat terlihat secara *horizontal* dan *vertical* [12]. Pada kenyataannya posisi gedung server pada kedua kampus ini, belum mencapai kondisi *LoS* yang diinginkan. Berdasarkan kajian pendahuluan melalui *software* Google Earth Pro terlihat bahwa terdapat beberapa bangunan-bangunan dengan ketinggian lebih dari 30 meter yang menjadi *obstacle* pada lintasan sinyalnya. Untuk menghindari penggunaan dua *hop link*, maka posisi dari kandidat tower harus didefinisikan ulang pada kedua kampus tersebut. Dengan kata lain, kondisi *LoS* harus menyesuaikan dengan keadaan lingkungan lintasan pensinyalan dari gelombang elektromagnetik yang dipancarkan pada kedua kampus ini.

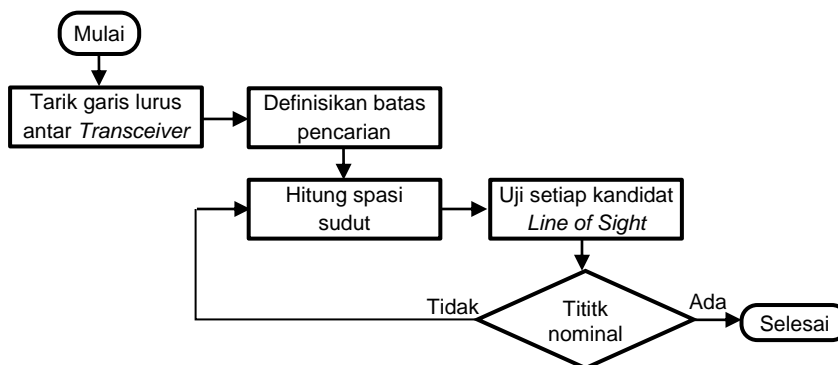
Pencarian titik nominal (posisi *transceiver*) ini umumnya dilakukan dengan pemilihan acak menggunakan *software* khusus [13]. Tetapi penggunaan metoda aplikasi ini tidak memungkinkan untuk dilakukan, karena ketersediaan *software* yang berbayar. Dalam penelitian lain, alternatif pencarian titik nominal (posisi *transceiver*) dapat dilakukan dengan menggunakan metoda *search by radius* yang menggunakan *radius* berbentuk lingkaran atau *polygon* sebagaimana yang diusulkan pada penelitian [14]. Metoda pencarian ini juga dapat dilakukan secara sistematis dengan menerapkan metode pergeseran sudut, yang disebut dengan *search angle* [7]. Sehingga untuk mendapatkan titik nominal (posisi *transceiver*) yang terbaik secara sistematis *point to point* dan sesuai dengan *radius* titik nominal maka pada penelitian ini dilakukan penggabungan dua metoda *search by radius* dan *search angle*. Dengan menggabungkan kedua metoda tersebut dapat memudahkan pencarian titik nominal (posisi *transceiver*). Dalam menggunakan teknik *search angle* dan teknik *search by radius* diperlukan *software* Google Earth Pro untuk mengetahui titik *latitude* dan *longitude* dari kandidat titik nominal pembangunan tower antena serta melakukan analisis *3D Fresnel*. *Fresnel zone* yang dihasilkan antar *transceiver* dianalisis dengan menggunakan *software* LINKPlanner sehingga menghasilkan *2D Fresnel*.

Pada transmisi jaringan telekomunikasi, interferensi akan selalu ada dan akan mengakibatkan *loss* pada informasi yang dikirimkan dan pengiriman sinyal antar *transceiver* akan terganggu [15]. Sehingga diperlukan penentuan besaran daya yang digunakan pada pancaran sinyal komunikasi *microwave* dengan memperhatikan redaman yang dihasilkan oleh keadaan cuaca seperti hujan [16]. Dampak dari interferensi dapat dikaji dengan melakukan perhitungan *link budget* sehingga memberikan kualitas transmisi jaringan yang baik. Parameter yang dihitung pada penelitian ini adalah RSL dan *fading margin*.

2. Metode Penelitian

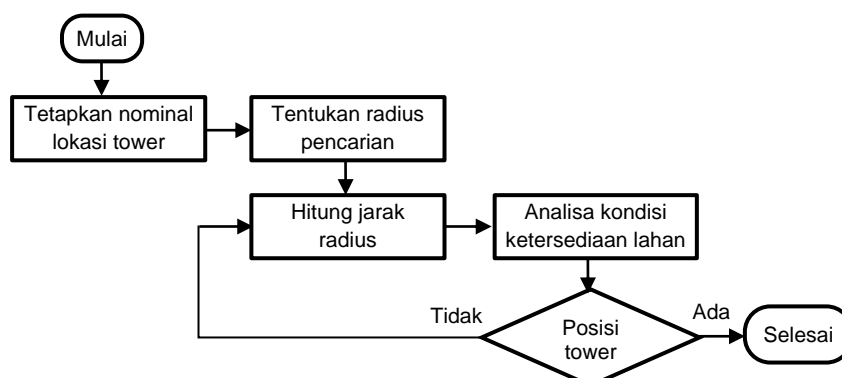
Dalam perancangan sistem penelitian berikut dibutuhkan kegiatan survei dikarenakan penelitian ini bersifat penelitian lapangan (*field research*). Karena luasnya nominal survei dalam penelitian sehingga tidak memungkinkan dilaksanakan survei secara langsung maka dibutuhkan *software* pendukung, yaitu Google Earth Pro. *Software* ini berguna untuk melakukan analisa dan kelayakan lokasi *line of sight* berdasarkan ketinggian tanah dan kepadatan bangunan pada daerah yang dilaluinya. Untuk dapat menganalisa *path profile* (kontur permukaan bumi) dan *fresnel zone* pada lintasan *line of sight* dibutuhkan *software* LINKPlanner.

Nominal kampus UIN SUSKA Sukajadi yang merupakan target *site* tujuan dapat menerima pancaran sinyal dari kampus UIN SUSKA Panam sebagai *site* asal. Namun dalam penerapannya transmisi langsung sulit untuk diterapkan karena terhalang dengan gedung-gedung dengan tinggi lebih dari 30 meter yang berada pada lintasan transmisi, apabila posisi tower antenna berada pada titik koordinat pusat masing-masing kampus. Sehingga dibutuhkan penggunaan teknik *search angle* untuk mencari posisi kandidat titik nominal tower yang mana lintasan transmisi-nya dapat menghindari gedung-gedung tinggi tersebut. Gambar 1 menjelaskan mengenai proses pencarian titik nominal tower menggunakan teknik *search angle*.



Gambar 1. Teknik Search Angle

Setelah kandidat titik nominal tower baru ditemukan lalu dilakukan analisis *LoS* dengan menghubungkan seluruh kandidat titik nominal tower baru antar *transceiver*, dengan memperhatikan *LoS* tersebut tidak melewati gedung-gedung dengan tinggi lebih dari 30 meter. Setelah posisi titik nominal tower baru ditemukan, dilakukan analisis untuk menentukan posisi tower baru yang mendekati titik ruang server dengan menggunakan teknik *search radius*. Pada Gambar 2 diperlihatkan proses pencarian posisi tower dengan menggunakan teknik *search radius*. Lalu dilakukan analisis *2D fresnel* pada *LoS* untuk menentukan tinggi minimal antenna yang harus dicapai, dengan ketentuan ketinggian maksimal antenna yaitu 60 meter. Serta dilakukan analisis *3D fresnel* untuk mengetahui tingkat ketinggian *terrain* yang dilalui oleh lintasan *LoS*.



Gambar 2. Teknik Search Radius

Dalam penetapan frekuensi kerja digunakan tiga skenario, yaitu frekuensi rendah, menengah dan tinggi. Dan dilakukan pengujian *link budget* terhadap pengaruh kinerja gelombang radio terhadap redaman uap air, oksigen dan air hujan untuk memperoleh nilai *Received Signal Level* yang diinginkan.

3. Hasil dan Pembahasan

Dalam penelitian ini dilakukan studi pendahuluan pada kandidat lintasan *microwave link* dengan posisi asal di kampus UIN SUSKA Panam dan posisi tujuan di kampus UIN SUSKA Sukajadi. Kampus UIN SUSKA Panam sebagai *site* asal terletak pada koordinat *latitude* 0.46466°LU dan *longitude* 101.35631°BT dengan elevasi 28.5 meter di atas permukaan laut, sementara kampus UIN SUSKA Sukajadi sebagai *site* tujuan terletak pada koordinat *latitude* 0.51053°LU dan *longitude* 101.43790°BT dengan elevasi 17.5 meter di atas permukaan laut. Kedua kampus tersebut terpisahkan dengan jarak sejauh 10.02 km seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3, sehingga tergolong dalam sistem komunikasi *long backhaul*.



Gambar 3. *Line of Sight Microwave Link*

3.1. Analisis Titik Nominal Tower

Dalam perancangan pembangunan jaringan *microwave link* antar kedua *site* dibutuhkan titik nominal tower. Untuk melakukan analisa titik nominal tower digunakan teknik *search angle* dengan perubahan sudut sebesar 1°, 2°, 3°, 4° dan 5°. Dilakukan analisa terhadap setiap kandidat titik nominal tower yang diperoleh dengan memperhatikan lokasi kandidat titik nominal tower masih dalam area masing-masing kampus asal dan kampus tujuan. Untuk kandidat titik nominal tower yang sesuai dengan kriteria penelitian, diberikan penamaan pada titik tersebut, yaitu A adalah kandidat titik nominal tower di *site* asal dan B adalah kandidat titik nominal tower di *site* tujuan. Kandidat titik nominal tower didapatkan dengan menggunakan rumus *search angle* yang hasilnya ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandidat Titik Nominal Tower

Kandidat Titik Nominal Tower	Angle	Koordinat Kartesian		Koordinat Geografis		Altitude
		x	y	Longitude	Latitude	
A0	0°	-9.06465	0.00000	101.35631	0.46466	28.5 m
A1	1°	-9.06465	-0.15820	101.35631	0.46608	28.3 m
A2	2°	-9.06465	-0.31635	101.35631	0.46750	28.0 m
A3	3°	-9.06465	-0.47441	101.35631	0.46893	30.6 m
B0	0°	0.00000	5.10074	101.43790	0.51053	17.5 m
B1	1°	0.08902	5.10074	101.43710	0.51053	17.5 m
B2	2°	0.17801	5.10074	101.43630	0.51053	14.7 m

Pada kandidat titik nominal tower *site* asal, pergeseran titik diarahkan menuju ke arah utara dengan memperhatikan kondisi lahan *site* yang memanjang dari arah selatan menuju utara, sementara untuk kandidat titik nominal tower *site* tujuan, pergeseran titik diarahkan menuju ke arah barat dengan memperhatikan kondisi lahan *site* yang memanjang dari arah timur menuju barat seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Kandidat Titik Nominal Tower *Site* Asal dan Tujuan

3.2. Analisis *Site*

Berdasarkan kandidat titik nominal tower yang didapatkan dengan menggunakan teknik *search angle*, maka dilakukan analisa lebih lanjut pada setiap titik nominal tower untuk dijadikan sebagai kandidat *site*. Masing-masing kandidat titik nominal tower yang diperoleh pada teknik *search angle* dihubungkan seluruhnya hingga menghasilkan lintasan *line of sight* baru yang ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandidat *Site*

Kandidat Site	Distance (km)	Obstacle (m)	Status	Kandidat Site	Distance (km)	Obstacle (m)	Status
A0-B0	10.40	77.2	NOT OK	A2-B0	10.25	81.1	NOT OK
A0-B1	10.33	78.7	NOT OK	A2-B1	10.17	80.1	NOT OK
A0-B2	10.25	78.5	NOT OK	A2-B2	10.10	79.3	NOT OK
A1-B0	10.33	83.7	NOT OK	A3-B0	10.18	74	NOT OK
A1-B1	10.25	82.3	NOT OK	A3-B1	10.10	48.3	OK
A1-B2	10.17	80.9	NOT OK	A3-B2	10.02	48	OK

Pada masing-masing kandidat *site*, ketinggian *obstacle* diperoleh melalui ketinggian bangunan ditambah dengan ketinggian maksimal *terrain* yang dilalui oleh lintasan *line of sight* yang diperoleh melalui *software* LINKPlanner. Dari kandidat *site* yang diperoleh terdapat dua kandidat *site* yang memenuhi kriteria ketinggian *obstacle* maksimum, sehingga bisa dilanjutkan untuk digunakan dalam analisa untuk memperoleh posisi tower dengan menggunakan teknik *search radius*. Terdapat dua faktor yang harus dipenuhi dalam penentuan posisi tower, yaitu faktor ketersediaan lahan untuk pembangunan tower dan faktor estetika dari posisi tower tersebut.

Dalam pembangunan tower diperlukan lahan yang cukup luas untuk meletakkan jangkar-jangkar yang digunakan sebagai penopang berdirinya tower. Untuk membangun tower dengan ketinggian 60 meter, diperlukan luas lahan kurang lebih sebesar 225m². Dan juga dalam pembangunan tower harus diperhatikan juga faktor estetika dari berdirinya tower tersebut, tower tidak boleh terletak pada bagian depan kampus karena dapat merusak pemandangan kampus. Untuk menentukan posisi tower dengan menggunakan teknik *search radius*, ditentukan radius pencarian sebesar 30 meter dari titik pusat nominal tower, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 5 untuk kandidat posisi tower *site* asal dan *site* tujuan.



Gambar 5. Kandidat Posisi Tower Site Asal dan Tujuan

Setelah ditentukan posisi tower, selanjutnya dilakukan analisa kandidat posisi tower yang didapatkan dengan memperhatikan dua faktor kriteria pembangunan tower, seperti yang diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Analisis Kandidat Posisi Tower

Posisi Tower	Analisa	Status
Tower-A3	Memiliki luas lahan lebih dari 225m ² dan terletak dibelakang gedung perkuliahan sehingga tidak merusak pemandangan kampus.	OK
Tower-B1	Memiliki luas lahan lebih dari 225m ² dan terletak di belakang gedung Pascasarjana sehingga tidak merusak pemandangan kampus.	OK
Tower-B2	Memiliki luas lahan sebesar 197m ² dan terletak didepan gedung perkuliahan sehingga dapat merusak pemandangan kampus.	NOT OK

3.3 Analisis Link Budget

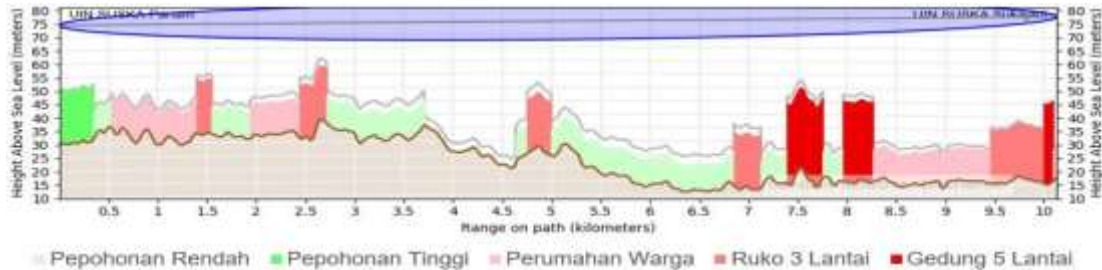
Berdasarkan hasil yang didapatkan dari analisa dengan menggunakan teknik *search radius*, disimpulkan bahwa terdapat dua kandidat posisi tower yang memenuhi faktor kriteria pembangunan tower sehingga bisa digunakan lebih lanjut sebagai kandidat *site*. Dilakukan perhitungan analisis *link budget* pada lintasan *line of sight* antar kandidat *site* yang didapatkan dengan menggunakan skenario tiga frekuensi, yaitu rendah, menengah dan tinggi, untuk mendapatkan pemodelan *2D fresnel* sehingga diperoleh ketinggian minimum tower yang digunakan dalam pemasangan antenna *microwave*. Dalam perhitungan *fresnel zone* ketinggian *obstacle* maksimum yang digunakan sebesar 50 meter dan ketinggian tower maksimum yang digunakan sebesar 60 meter. Berikut analisa hasil perhitungan *fresnel zone* yang disajikan pada Tabel 4. Pada Tabel 4 untuk frekuensi *uplink* ditandai dengan kolom berwarna biru sedangkan untuk frekuensi *downlink* ditandai dengan kolom berwarna hijau.

Tabel 4. Perhitungan Fresnel Zone

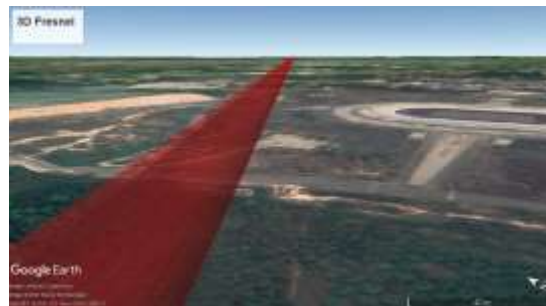
Fresnel Zone	Unit	Frekuensi (GHz)					
		Rendah		Menengah		Tinggi	
		7.460	7.628	12.780	13.046	17.900	18.910
F1	meter	8.90	8.80	6.80	6.73	5.75	5.59
Minimal Clear	meter	5.34	5.28	4.08	4.04	3.45	3.35
Obstacle Height	meter	39	50	39	50	39	50
Minimal Tinggi Antena	meter	44.34	55.28	43.08	54.04	42.45	53.35
Tinggi Tower	meter	45	60	45	60	45	60

Setelah diketahui ketinggian tower yang dibutuhkan pada masing-masing *site* asal dan *site* tujuan maka dilakukan analisa *2D Fresnel* dengan menggunakan *software* LINKPlanner. Dengan *software* tersebut akan diperlihatkan ketinggian tanah dan ketinggian *obstacle*

sepanjang lintasan *line of sight* pada kandidat *site*, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 6. Untuk analisa *3D fresnel* digunakan *software* Google Earth Pro yang dapat menampilkan lintasan *line of sight* antar kedua *site* dalam bentuk 3 dimensi, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 7.



Gambar 6. 2D Fresnel



Gambar 7. 3D Fresnel

Setelah didapatkan ketinggian tower yang dibutuhkan pada masing-masing *site* asal dan *site* tujuan, dilakukan analisis *link budget* dengan memperhatikan redaman yang diakibatkan oleh tingkat curah hujan, redaman uap air dan redaman oksigen. Dalam analisis ini digunakan antena dengan diameter sebesar 0.6 meter yang memiliki karakteristik *Rx Sensitivity* berbeda-beda tergantung terhadap tingkat frekuensi yang digunakan. Nilai *power* antena diasumsikan sebagai daya yang terbaik terhadap nilai RSL yang dihasilkan. Nilai RSL yang dihasilkan diharapkan diatas dari nilai *Rx Sensitivity* antena berdasarkan batas minimal RSL untuk sistem komunikasi *microwave link* [17]. Untuk redaman curah hujan yang digunakan merupakan rata-rata curah hujan yang dihasilkan di kota Pekanbaru pada tahun 2019, dengan nilai sebesar 167.17mm^3 [18]. Perhitungan redaman hujan yang digunakan berdasarkan model atenuasi hujan ITU-R P.838-3 [19]. Berikut merupakan hasil perhitungan *link budget* yang ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Perhitungan *Link Budget*

<i>Link Budget</i>	Unit	Frekuensi (GHz)					
		Rendah		Menengah		Tinggi	
		7.460	7.628	12.780	13.046	17.900	18.910
<i>Power</i>	dBm	70	70	130	130	180	180
<i>Tx Gain</i>	dB	30.52	30.71	35.20	35.37	38.12	38.60
<i>Rx Gain</i>	dB	30.71	30.52	35.37	35.20	38.60	38.12
<i>Mechanical Loss</i>	dB	5	5	5	5	5	5
<i>Propagation Loss</i>	dB	162.92	163.11	235.43	235.62	292.56	304.20
<i>Rx Sensitivity</i>	dBm	-78.50	-78.50	-78.00	-78.00	-77.50	-77.50
<i>EIRP</i>	dBm	95.52	95.71	160.20	160.37	213.12	213.60
<i>IRL</i>	dBm	-67.396	-67.398	-75.236	-75.245	-79.436	-90.603

RSL	dBm	-41.683	-41.879	-44.862	-45.050	-45.838	-57.481
Fading Margin	dB	36.82	36.62	33.14	32.95	31.66	20.02

Dari hasil perhitungan di atas didapatkan bahwa pengaruh redaman hujan sangat tinggi terhadap tingkat frekuensi yang digunakan. Semakin tinggi frekuensi yang digunakan maka semakin besar pula *power* antena yang dibutuhkan untuk menghasilkan nilai RSL yang diharapkan agar menghasilkan jaringan transmisi yang baik.

4. Kesimpulan

Penelitian ini sukses melakukan Implementasi Microwave Link sebagai Backhaul pada Jaringan Metropolitan berdasarkan Metoda Search Angle dan Analisis 3D Fresnel. Interkoneksi dapat dilakukan dalam satu link dengan mengubah posisi transceiver pada kedua kampus. Permasalahan posisi tower tersebut dapat diselesaikan dengan menghasilkan *latitude* 0.46466°LU dan *longitude* 101.35631°BT pada kampus Panam, serta koordinat *latitude* 0.51053°LU dan *longitude* 101.43790°BT pada kampus Sukajadi. Hasil rancangan memberikan RSL maksimum sebesar -41.68 dBm dan minimum sebesar -57.48 dB.

Daftar Pustaka

- [1] Syaifullah, O. Saputra, and H. Radiles, "Analisis Pengaruh Budaya Organisasi Terhadap Efektivitas Integrated Academic Information System (Iraise) UIN SUSKA Riau," *Jurnal Ilmiah Rekayasa dan Manajemen Sistem Informasi*, vol. 5, no. 1, pp. 18–33, Feb. 2019.
- [2] A. J. Sukma, "Evaluasi Keamanan Sistem Informasi Akademik UIN SUSKA RIAU Menggunakan Metode Penetration Testing Execution Standard (PTES)," Pekanbaru, 2019.
- [3] D. Zhang, "Big Data Security and Privacy Protection," *Advances in Computer Science Research*, vol. 77, pp. 275–278, 2018.
- [4] S. Fatimah, "Data Mahasiswa UIN Bandung Bocor, Email dan m-Banking Jadi Sasaran," <https://news.detik.com/berita-jawa-barat/d-5324519/data-mahasiswa-uin-bandung-bocor-email-dan-m-banking-jadi-sasaran>, (Diakses pada 21 Januari 2021)
- [5] R. K. Darmawan, "Undip Akui Ada Serangan yang Diduga Membuat Data Mahasiswa Bocor," <https://regional.kompas.com/read/2021/01/20/11305381/undip-akui-ada-serangan-yang-diduga-membuat-data-mahasiswa-bocor?page=all>, (Diakses pada 21 Januari 2021)
- [6] N. I. Gallini and K. A. Makoveichuk, "Development of Intranet Solution Based on the Model of a United Single Information and Analytical Space Area of the University," in *2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus)*, Jan. 2019, pp. 1388–1392.
- [7] M. D. Rudyanta Magna, "Perencanaan Repeater Menggunakan Search Angle Pada Link Microwave: Interkoneksi Radio Amatir Kepolisian Tanah Datar – Lintau Buo," Pekanbaru, 2019.
- [8] M. G. C. Branco and A. da R. Gomes, "Satellite Communication Challenges in a Fully Interconnected World," Aug. 2017.
- [9] D. Utari, "Tanggung Jawab Perdata Dalam Pemasangan Jaringan Kabel Fiber Optik di Kota Salatiga," Salatiga, 2017.
- [10] M. A. Abdelrahim, M. H. Ahmed, M. Dirar, A. Allah, S. Ahmed, and E. Ahmed, "Microwave Line of Sight Transmission," *International Journal of Current Trends in Engineering & Research*, vol. 5, no. 1, pp. 10–20, Jan. 2019, [Online]. Available: <http://www.ijcter.com>
- [11] A. Mursidan, M. R. T. Siregar, and T. Taryo, "Perencanaan Access Point Radio Microwave Pada Daerah Blank Spot Wilayah 3T," in *Humanities, Management and Science Proceeding*, Jun. 2021, vol. 01, no. 2, pp. 80–90. [Online]. Available: openjournal.unpam.ac.id/index.php/SNH
- [12] A. Osterman and P. Ritosa, "Radio Propagation Calculation: A Technique Using 3D Fresnel Zones for Decimeter Radio Waves on Lidar Data," *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, vol. 61, no. 6, IEEE Computer Society, pp. 31–43, Dec. 01, 2019. doi: 10.1109/MAP.2019.2943312.
- [13] A. Wahyudin and A. Hikmaturokhman, "Comparative Analysis of Microwave Link Using Space and Hybrid Diversity Configuration on Mountain Topography Area Sekolah Tinggi Multi Media Yogyakarta," *Buletin Pos dan Telekomunikasi*, vol. 19, pp. 41–58, 2021, doi: 10.17933/bpostel.2021.190104.
- [14] S. Dadvandipour and M. Alsharif, "On the Analysis and Tool Development of the Long Term Evolution Cell Planning," 2019.

- [15] Z. H. Pradana, K. Ni'amah, and D. S. Larasati, "Analisa Pengaruh Interferensi Terhadap Availability pada Jaringan Microwave dengan Passive Repeater," *Edu Elekrika Journal*, vol. 9, no. 2, pp. 43–48, 2020.
- [16] V. Christofilakis *et al.*, "Earth-to-earth microwave rain attenuation measurements: A survey on the recent literature," *Symmetry*, vol. 12, no. 9, Sep. 2020, doi: 10.3390/sym12091440.
- [17] S. Shrestha and D. Y. Choi, "Rain attenuation study over an 18GHz terrestrial microwave link in South Korea," *International Journal of Antennas and Propagation*, vol. 2019, 2019, doi: 10.1155/2019/1712791.
- [18] Badan Pusat Statistik Kota Pekanbaru, "Jumlah Curah Hujan Kota Pekanbaru tahun 2019," <https://pekanbarukota.bps.go.id/indicator/151/117/1/jumlah-curah-hujan.html>, 2020. (Diakses pada 20 Januari 2021)
- [19] I. Radiocommunication Bureau, "RECOMMENDATION ITU-R P.838-3 - Specific attenuation model for rain for use in prediction methods," 1992. Accessed: Aug. 20, 2021. [Online]. Available: <https://www.itu.int/rec/R-REC-P.838/en>