

ANALISIS PERENCANAAN BACKHAUL JARINGAN LTE KOMBINASI TRANSPORT MICROWAVE DAN FSO PADA LINK TERESTRIAL DAN HAPS

ANALYSIS OF BACKHAUL PLANNING FOR LTE NETWORK WITH COMBINATION OF MICROWAVE AND FSO TRANSPORT IN TERRESTRIAL AND HAPS LINK

Ana Choiril Anwar¹, Heroe Wijanto², M. Irfan Maulana³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹choiril@student.telkomuniversity.ac.id, ²heroew@telkomuniversity.ac.id,

³muhammadirfanm@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Teknologi telekomunikasi sedang berkembang pesat di Indonesia baik di perkotaan maupun pedesaan. Namun, pembangunan infrastruktur terestrial tidak merata akibat dari tantangan geografis wilayah yang rata-rata berupa pegunungan dan laut. Termasuk di Kabupaten Raja Ampat yang memiliki potensi wisata semestinya didukung oleh jaringan telekomunikasi yang memadai. Untuk mengatasi masalah tersebut, diusulkan solusi teknologi jaringan backhaul kombinasi transport microwave dan FSO pada link terestrial dan HAPS untuk mendukung komunikasi jaringan LTE.

Perencanaan ini menggunakan metode perancangan berdasarkan kapasitas untuk menentukan jumlah pelanggan pada jangka waktu lima tahun. Sehingga didapatkan nilai cell average throughput dari perhitungan single user throughput. Kemudian dilakukan simulasi backhaul terestrial microwave link dan menentukan model backhaul FSO HAPS link.

Sehingga didapatkan total kapasitas yang dibutuhkan sebesar 1.292,44 Mbps, dengan jumlah site sebanyak 31 site diseluruh distrik diwilayah Raja Ampat, jarak beragam dengan rata-rata 15,76 Km, frequency microwave link yang dipakai yaitu 8, 15, dan 23 GHz dengan polarisasi vertikal, free space loss rata-rata 134,94 dB, dan fade margin rata-rata 41,08 dB. Sedangkan platform HAPS yang dipakai berupa balon udara Sky Station yang ditempatkan diketinggian 20 Km pada lapisan stratosfer. FSO link digunakan untuk menghubungkan antar HAPS yang berjumlah 4 buah dan antara HAPS dengan terestrial. Kapasitas HAPS bergantung dengan jumlah kapasitas link terestrial yang dihubungkan seperti pada HAPS_WAIGEO terhubung dengan 3 link terestrial dengan kapasitas minimum 490,80 Mbps. Inter-HAPS menggunakan panjang gelombang FSO 1064 nm dihasilkan free space loss 190 dB, sedangkan link HAPS dengan terestrial menggunakan panjang gelombang 1550 nm dihasilkan nilai BER 10^{-9} .

Kata kunci : LTE, HAPS, microwave link, free space optical communication, capacity planning, backhaul

Abstract

Telecommunication technology is growing rapidly in Indonesia both in urban and rural areas. However, the development of terrestrial infrastructure is uneven due to the geographical challenges of the region, which is in the form of mountains and the sea. Included in Raja Ampat Regency which has tourism potential should be supported by adequate telecommunications networks. To overcome this problem, a proposed backhaul network technology solution is a combination of microwave transport and FSO on terrestrial links and HAPS to support LTE network communication.

This plan uses a design method based on the capacity to determine the number of customers over a period of five years. So that we get the cell average throughput value from the calculation of single user throughput. Then simulate the terrestrial microwave link backhaul and determine the FSO HAPS link backhaul model.

So that the total capacity needed is 1,292.44 Mbps, with a total site of 31 sites in all districts of Raja Ampat, the average distance is 15.76 Km, the frequency microwave link used is 8, 15 and 23 GHz with vertical polarization, free space loss averaged 134.94 dB, and the average fade margin was 41.08 dB. While the HAPS platform used in the form of a Sky Station blimp is placed at a height of 20 km in the stratosphere. FSO links are used to link the HAPS between 4 pieces and between HAPS and terrestrial. HAPS capacity depends on the number of terrestrial link capacities connected as in HAPS_WAIGEO connected with 3 terrestrial links with a minimum capacity of 490.80 Mbps. Inter-HAPS uses a 1064 nm FSO wavelength resulting in 190 dB of free space loss, while the HAPS link with terrestrial using a 1550 nm wavelength results in a 10^{-9} BER value.

Keywords: LTE, HAPS, microwave link, free space optical communication, capacity planning, backhaul

1. Pendahuluan

Pengguna internet di Indonesia terus meningkat dari tahun ke tahun menunjukkan akses internet sangat dibutuhkan di era modern ini. Namun, penetrasi internet wilayah Maluku dan Papua tercatat hanya 2,5 persen dari

total 132,7 juta orang pengguna internet di Indonesia tahun 2016. Salah satu penyebabnya infrastruktur telekomunikasi belum merata di wilayah ini, khususnya di Kabupaten Raja Ampat.

Sektor pariwisata di Kabupaten Raja Ampat sangat strategis karena selalu mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Pemerintah daerah telah menetapkan beberapa desa wisata untuk menarik kunjungan wisatawan. Pada tahun 2016 berhasil menarik 15.971 wisatawan, hal ini meningkat dari tahun sebelumnya yaitu 14.190 wisatawan pada tahun 2015.

Kondisi geografis Kabupaten Raja Ampat yang sebagian besar berupa lautan menyebabkan terkendalanya pemerataan pembangunan infrastruktur telekomunikasi terestrial, seperti penggelaran serat optik. Pemerintah Indonesia telah mencanangkan pengembangan sistem komunikasi satelit. Namun, biayanya terlalu mahal mulai dari peluncuran hingga pengoperasiannya bahkan kapasitas yang tersedia sangat terbatas menjadikannya tidak maksimal.

Oleh karena itu, tugas akhir ini diajukan untuk memberikan solusi alternatif dengan memanfaatkan kombinasi teknologi HAPS dan Microwave sebagai backhaul komunikasi jaringan seluler LTE. Kemudahan dalam instalasi, delay propagasi rendah dan kapasitas yang lebih banyak dari satelit merupakan keuntungan daripada menggunakan satelit. Diharapkan kombinasi teknologi backhaul ini layak diterapkan di wilayah wisata Kabupaten Raja Ampat.

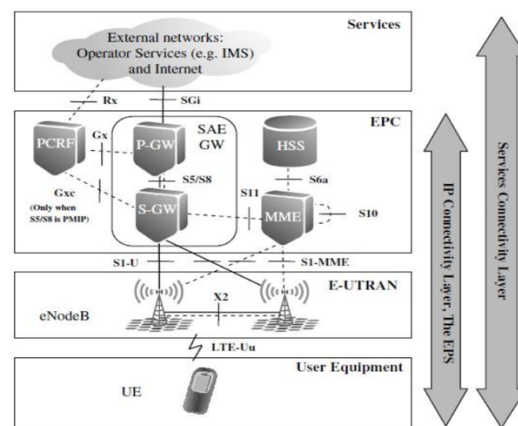
2. Dasar Teori

2.1 Long Term Evolution (LTE)

LTE merupakan pengembangan dari teknologi UMTS (3G) dan HSPA (3,5G) yang dikembangkan oleh Third Generation Partnership Project (3GPP). Kecepatan transfer data mencapai 100 Mbps pada sisi downlink dan 50 Mbps pada sisi uplink. Selain itu, LTE mampu mendukung semua aplikasi yang ada baik voice, data, video, maupun IP TV.

Tabel 2.1 Spesifikasi LTE

System Performance	LTE	
Peak Data Rate	Downlink	300 Mbps @20 MHz
	Uplink	75 Mbps @20 MHz
Operating Band	700; 850; 900; 1800; 2100; 2300; 2600 MHz	
Modulation	QPSK, 16QAM and 64 QAM	
Channel Bandwidth	1,4; 3; 5; 10; 15; 20 MHz	
Multiple Access	OFDMA (DL); SC-FDMA (UL)	
Duplex Mode	FDD and TDD	
Control-plane delay	Idle to connect	<100ms
	Dormant to active	≤50ms
User-plan delay	<20ms	
Mobility	≤350Km/h	



Gambar 2.1 Arsitektur Jaringan LTE

Pada teknologi LTE, posisi backhaul yang akan dirancang berada pada sisi EPC yaitu S1-U Interface sebagai site eNodeB yang terhubung langsung dengan core network dan pada sisi E-UTRAN yaitu X2 Interface sebagai penghubung antar eNodeB. Arsitektur Jaringan LTE dapat dilihat pada Gambar 2.1.

2.2 Backhaul

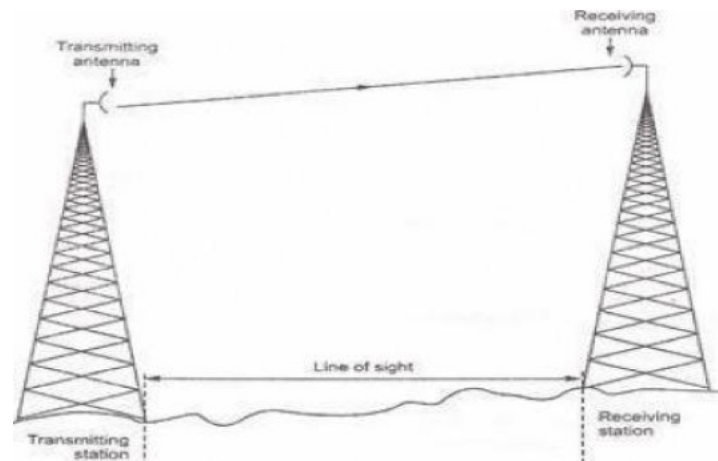
Backhaul merupakan media transmisi jaringan radio akses seluler yang menghubungkan base station dengan controller-nya. Controller yang dimaksud adalah Evolved Packet Core (EPC) pada jaringan LTE yang di dalamnya terdapat MME, S-GW dan P-GW.

Ada beberapa media transmisi yang dapat digunakan sebagai link backhaul suatu teknologi seluler yaitu satelit, fiber optic, microwave, E1, dan lain sebagainya. Pada tugas akhir ini, dibahas mengenai backhaul jaringan LTE dengan menggunakan kombinasi media transmisi microwave link dan Free Space Optical (FSO) High Altitude Platform Station (HAPS).

2.3 Transmisi Link Microwave

2.3.1 Komunikasi Link Microwave

Microwave adalah sistem transmisi radio yang dikirimkan melalui medium udara dan diterima dengan menggunakan peralatan semacam antenna yang berbentuk bundar yang biasanya dipasang di tempat yang tinggi atau gedung. Sinyal microwave tidak dapat diblok oleh gedung atau lembah. Untuk melakukan transmisi harus dihindari adanya penghalang atau kemiringan bumi. Sehingga jika posisi antar gedung terhalang, maka diperlukan menara untuk menempatkan antenna lebih tinggi lagi agar tetap dalam posisi Line of sight (LOS) seperti pada Gambar 2.3 [3].



Gambar 2.3 Posisi Line of Sight

Untuk membawa sinyal jarak jauh, rangkaian pemancar diperlukan untuk menerima dan mentransmisi ulang. Pemanfaatan radio microwave sebagai medium transmisi jarak jauh juga perlu mempertimbangkan kelengkungan permukaan bumi. Berdasarkan bentuk diameter bumi, maka jarak antar stasiun microwave adalah sekitar 25 – 30 mil (sekitar 50 km). Oleh karena itu, untuk penggunaannya sebagai sarana transmisi jarak jauh diperlukan beberapa stasiun penghubung (relay).

2.3.2 Desain Link Backhaul Microwave

Pada jaringan nirkabel, backhaul didefinisikan sebagai bagian dari jaringan yang membawa informasi dari sel pada bagian controller-nya. Untuk merancang sebuah link backhaul biasanya ditinjau oleh beberapa tahap, diantaranya ialah perhitungan loss/attenuation, fading, dan fade margin, interferensi dan frequency planning serta quality and availability.

2.3.3 Link Budget Backhaul Microwave

Untuk mendapatkan nilai daya terima, dibutuhkan beberapa parameter seperti gain antenna, loss cable, fading margin dan free space loss. Daya terima dapat dihitung dengan persamaan 2.1 berikut.

$$P_{rx} = P_{tx} - L_{tx} + G_{tx} - L_{rx} + G_{rx} - FSL - A \quad (2.1)$$

Free space loss digunakan untuk memprediksi suatu nilai redaman gelombang elektromagnetik yang disebabkan oleh gelombang tersebut melalui lintasan line of sight atau tanpa hambatan. Parameter ini bisa digunakan untuk memprediksi kekuatan sinyal yang akan diterima berdasarkan frekuensi dan jarak lintasan dihitung dengan persamaan 2.2 berikut.

$$L_{fsl} = 92,45 + 20\log(f) + 20\log(d) \quad [dB] \quad (2.2)$$

2.4 High Altitude Platform Station (HAPS)

2.4.1 Pengertian HAPS

HAPS merupakan stasiun yang beroperasi di ketinggian 20 - 50 Km di atas permukaan bumi [11]. Di ketinggian yang jauh di atas jalur penerbangan. HAPS berupa pesawat terbang maupun pesawat udara. Kelebihan utama dari HAPS adalah kemudahan dalam penempatan, fleksibilitas, biaya operasional yang rendah, delay propagasi rendah, sudut elevasi lebar, cakupan yang luas serta dapat digunakan untuk layanan pita lebar, siaran, maupun pada skenario darurat/bencana.



Gambar 2.4 Platform HAPS

2.4.2 Karakteristik HAPS

HAPS dianggap memiliki beberapa karakteristik yang unik dibandingkan dengan sistem terestrial dan satelit. Ciri khas tiga sistem ini ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Karakteristik HAPS, Terestrial dan Satellite

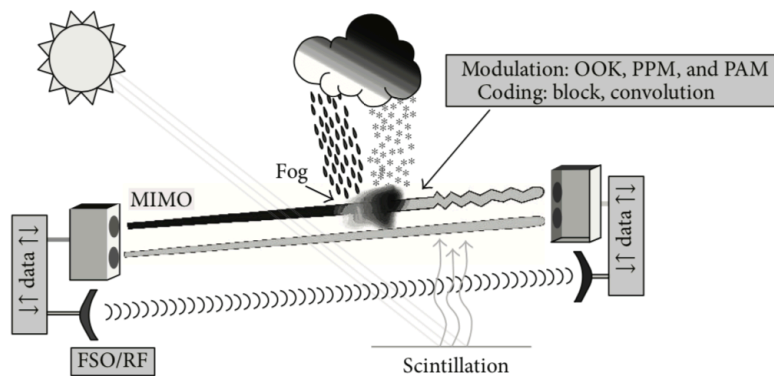
<i>Subject</i>	HAP	<i>Terrestrial</i>	<i>Satellite</i>
<i>Cell radius</i>	3~7 km	0.1~2 km	50 km for LEO
<i>BS Coverage area radius</i>	Typical 30 km	5 km	A few hundred km for LEO
<i>Elevation angles</i>	High	Low	High
<i>Propagation delay</i>	Low	Low	Noticeable
<i>Propagation Characteristic</i>	Nearly FSPL	Well established, typically Non FSPL	FSPL with rain
<i>BS power supply</i>	Fuel (ideally solar)	Electricity	Solar
<i>BS maintenance</i>	Less complexity in terms of coverage area	Complex if multiple BSs needed to update	Impossible
<i>BS cost</i>	No specific number but supposed to be economical in terms of coverage area	Well established market, cost depending on the companies	5 billion for Iridium, Very expensive
<i>Operational cost</i>	Medium (mainly airship maintenance)	Medium ~ High in terms of the number of BSs	High
<i>Deployment complexity</i>	Low (especially in remote and high density population area)	Medium (more complex to deploy in the city area)	High

Sumber: (Mohammed & Yang, 2009)

2.4.3 Desain Link Backhaul FSO HAPS

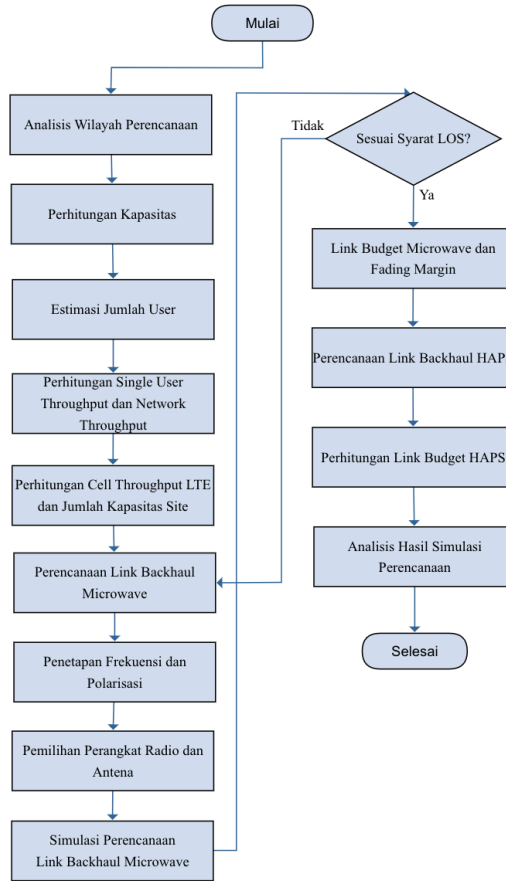
FSO adalah teknologi optik yang mengandalkan laser untuk mengirim data informasi bandwidth yang sangat tinggi melalui medium udara bebas. Komunikasi FSO bukan sebuah teknologi baru, sudah ada sejak abad ke-8 sampai saat ini terus dikembangkan. FSO mampu mentransmisikan sistem full duplex. FSO mampu mentransmisikan data 2,5 Gbps hingga 10 Gbps menggunakan modulasi WDM. [25]

Beberapa kelebihan itu diantaranya kapasitas yang tinggi, high bit rate, low bit error rates, full duplex, tidak diperlukan lisensi spektrum frekuensi, tidak diperlukan zona Fresnel, dan kekebalan terhadap gangguan elektromagnetik. FSO mirip dengan optical fiber cable, perbedaannya adalah berkas optik dikirim melalui medium udara bukan kabel optik. Oleh karena itu, sinyal optik rentan terhadap pelemahan atmosfer (penyerapan, hamburan dan turbulensi) dan kerugian lainnya seperti kerugian geometris, runcing dan optik. [24]



Gambar 2.5 Sistem Komunikasi Free Space Optic

2.5 Alur Perencanaan Link Backhaul



Gambar 2.6 Diagram Alir Perencanaan Link Backhaul.

3. Hasil Perencanaan

3.1 Kebutuhan Kapasitas

Perhitungan kapasitas didapatkan hasil pada Tabel 3.1 dengan detail masing-masing site dan site utama pada distrik yang bersangkutan. Seperti pada site Kota Waisai membutuhkan kapasitas minimum 490,80 Mbps.

Dihitung secara keseluruhan, jaringan backhaul ini membutuhkan kapasitas sebanyak 1.292,44 Mbps. Kapasitas inilah yang harus dipenuhi dengan perangkat backhaul yang digunakan.

Tabel 3.1 Kebutuhan Kapasitas Jaringan LTE

Nama Distrik	Uplink Cell Throughput (Mbps)	Downlink Cell Throughput (Mbps)	Kapasitas Minimum (Mbps)
Kota Waisai	157,28	490,80	490,80
Meosmansar	39,32	114,52	114,52
Misool Selatan	78,64	212,68	212,68
Misool Timur	58,98	196,32	196,32
Waigeo Barat	19,66	81,80	81,80
Salawati Barat	19,66	65,44	65,44
Batanta	39,32	130,88	130,88
Jumlah Total	412,86	1.292,44	1.292,44

3.2 Perencanaan Link Backhaul Microwave

3.2.1 Topologi Link Backhaul Microwave

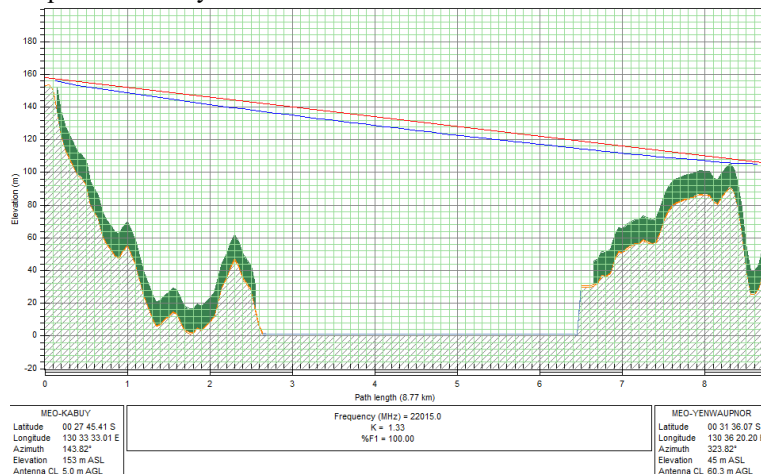
Dalam perencanaan link backhaul microwave ini dibuat 30 hop dari tujuh distrik yang terbagi menjadi delapan hub site. Distrik Waigeo Barat terdapat tiga hop, Distrik Meosmansar terdapat tiga hop, Distrik Kota Waisai terdapat empat hop, Distrik Batanta terdapat lima hop, Distrik Salawati Barat terdapat satu hop, Distrik Misool Timur terdapat empat hop, Distrik Misool Selatan terdapat dua hop, dan satu hop diperuntukkan untuk menghubungkan ke jaringan terdekat yang berada di Kota Sorong. Semua site disini merupakan site baru.

3 (23 GHz)	Manufacture	HUAWEI	Manufacture	PUTIAN
	Model	RTN 600 23G-SP_128S_STM	Model	WTG1.2-212D
	Frequency Range	21200 MHz – 23618 MHz	Gain	46,4 dBi
	Signal Modulation	STM1-128QAM	Low Freq	21200 MHz
	Tx Power	13 dBm	High Freq	23600 MHz
	Rx Threshold	-68,50 dBm	3 dB Beamwidth	0,8°
			Technology	Aperture

3.2.4 Link Budget Backhaul Microwave

Link Budget diperoleh dari hasil simulasi perancangan link backhaul microwave dengan menggunakan software Pathloss 5.0. Dari hasil link budget dapat diketahui hasil parameter perencanaan yang di dapat pada masing - masing link yang telah terhubung di tujuh distrik tersebut. Hasil parameter ini meliputi jarak lintasan, tinggi antenna, gain antenna, diameter antenna, daya kirim (transmit power), daya terima (received signal level), fading margin, dan free space loss (FSL).

Perencanaan link backhaul microwave ini dilakukan di tujuh distrik di Kabupaten Raja Ampat, yaitu Distrik Kota Waisai, Meosmansar, Misool Selatan, Misool Timur, Waigeo Barat, Salawati Barat, dan Batanta Selatan. Ketujuh distrik tersebut didominasi oleh kontur perairan dan perbukitan dengan ketinggian site yang bervariasi, antara 5 m sampai 113,96 m diatas permukaan air laut. Oleh karena didominasi lautan dan perbukitan maka diberikan asumsi penghalang 15 m seperti pepohonan, bangunan atau gedung bertingkat karena termasuk wilayah rural dan beberapa site di wilayah sub-urban.



Gambar 3.2 Path Profile Link MEO_KABUY - MEO_YENWAUPNOR

Berikut ini adalah nilai jari-jari Fresnel, nilai free space loss, dan level daya terima pada sisi penerima. Nilainya sangat bergantung pada level daya terima minimum (Rx Threshold). Dengan menggunakan spesifikasi perangkat radio yang telah disebutkan diatas, level daya terima minimum bergantung dengan spesifikasi perangkat yang dipasang mulai dari 68 dBm, 68,5 dBm hingga 69 dBm. Nilai fade margin dipengaruhi oleh level daya terima minimumnya. Dengan melakukan operasi pengurangan antara level daya terima dan level daya terima minimumnya akan didapatkan nilai fade margin dari masing-masing link.

Tabel 3.3 Path Profile, Jari-Jari Fresnel, Level Daya Terima, dan Fade Margin Microwave Link

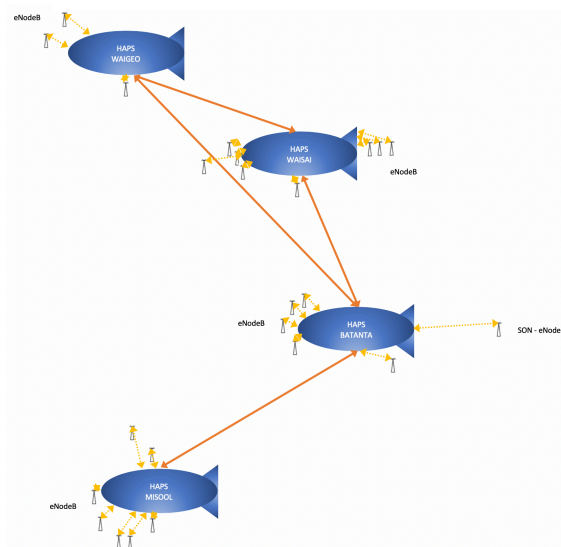
No	Link Site [A – B]	Path Length (Km)	R Fresnel	FSL (dB)	Prx (dBm)	Prx th (dBm)	Fade Margin (dB)
1	WAB_SELPELE – WAB_REPEATER_SALYO	11,17	7,60	136,65	-37,34	-69,00	31,66
2	WAB_SALYO – WAB_REPEATER_SALYO	3,86	3,63	131,04	-25,95	-68,50	42,55
3	WAB_REPEATER_SALYO – WAB_1_WAISILIP	9,71	5,75	139,04	-35,03	-68,50	33,47
4	MEO_ARBOREK – MEO_1_YENBEKWAN	13,07	8,22	138,02	-38,75	-69,00	30,25
5	MEO_KABUY – MEO_YENWAUPNOR	8,77	5,47	138,17	-33,98	-68,50	34,52
6	MEO_YENWAUPNOR – MEO_1_YENBEKWAN	6,72	4,78	135,85	-31,29	-68,50	37,21
7	WAI_SAPORDANCO – WAI_1_WAISAI	2,18	2,73	126,08	-20,68	-68,50	47,82

8	WAI_WARMASEN – WAI_1_WAISAI	0,45	1,25	112,47	-6,75	-68,50	61,75
9	WAI_BONKAWIR – WAI_REPEATER_BONKAWIR	0,52	1,34	113,82	-8,12	-68,50	60,38
10	WAI_REPEATER_BONKAWIR – WAI_1_WAISAI	4,71	4,01	132,77	-27,84	-68,50	40,66
11	BAT_YENSAWAI – BAT_AREFI	3,56	3,48	130,33	-25,19	-68,50	43,31
12	BAT_AREFI – BAT_REPEATER_AREFI	12,54	8,05	137,65	-38,37	-69,00	30,63
13	BAT_REPEATER_AREFI – BAT_1_AMBUY	9,96	5,82	139,27	-35,30	-68,50	33,20
14	BAT_WAILEBET – BAT_REPEATER_WAILEBET	2,36	2,88	127,02	-21,67	-68,50	46,83
15	BAT_REPEATER_WAILEBET – BAT_1_AMBUY	28,15	15,96	139,81	-21,52	-68,00	46,48
16	SAL_KALIAM – SOL_REPEATER_MIT-1	9,61	5,72	138,96	-34,93	-68,50	33,57
17	MIT_USAHAJAYA – MIT_REPEATER_USAHAJAYA	1,24	2,06	121,22	-15,65	-68,50	52,85
18	MIT_TOMOLOL – MIT_REPEATER_USAHAJAYA	9,78	5,77	139,11	-35,11	-68,50	33,39
19	MIT_REPEATER_USAHAJAYA – MIT_FOLLEY	22,30	14,20	137,79	-19,43	-68,00	48,57
20	MIT_FOLLEY – MIT_1_LIMALAS	12,98	8,19	137,95	-38,68	-69,00	30,32
21	MIS_FAFANLAP – MIS_1_YELLU	11,01	6,12	140,14	-36,36	-68,50	32,14
22	MIS_HARAPANJAYA – MIS_1_YELLU	1,79	2,47	124,38	-18,91	-68,50	49,59
23	BAT_1_AMBUY – SON_1_KOTA_SORONG	42,66	19,64	143,42	-25,29	-68,00	42,71
24	WAB-1-WAISILIP – MEO-1-YENBEKWAN	45,36	21,22	144,76	-26,71	-68,00	41,29
25	MEO-1-YENBEKWAN – WAI-1-WAISAI	28,13	15,95	139,81	-21,51	-68,00	46,49
26	WAI-1-WAISAI – BAT-1-AMBUY	42,39	19,58	143,37	-25,23	-68,00	42,77
27	SAL-1-SOLOL – BAT-1-AMBUY	16,33	11,15	133,59	-15,14	-68,00	52,86
28	SOL_Repeater_MIT-1 – SAL-1-SOLOL	7,57	5,08	136,88	-32,47	-68,50	36,03
29	MIT-1-LIMALAS – SOL_Repeater_MIT-1	94,83	29,28	150,36	-32,80	-68,00	35,20
30	MIS-1-YELLU – MIT_Repeater_USAHAJAYA	9,17	5,59	138,55	-34,44	-68,50	34,06

3.3 Perencanaan Link Backhaul FSO HAPS

Pada perencanaan ini jaringan HAPS terintegrasi dengan jaringan terrestrial, menggunakan platform Sky Station berupa balon udara yang mampu membawa payload telekomunikasi dengan stabil. [22]. Topologi HAPS yang digunakan adalah topologi star terhadap link terrestrial. Sedangkan inter-HAPS terhubung secara virtual ring. HAPS ditempatkan pada ketinggian 20 Km di lapisan stratosfer, digunakan untuk menyediakan konektivitas internet sebagai backhaul saja yang menghubungkan beberapa link terrestrial.

Komunikasi inter-HAPS dan antara HAPS dengan link terrestrial menggunakan teknologi FSO masing-masing menggunakan panjang gelombang 1064 nm dan 1550 nm.



Gambar 3.3 Topologi FSO HAPS

3.4 Link Budget Backhaul FSO HAPS

3.4.1 Inter-HAPS

Konektivitas Inter-HAPS menggunakan link FSO dengan panjang gelombang 1064 nm. Parameter Link Budget dari FSO ini ditunjukkan pada Tabel 3.4 dibawah ini. [22]

3.4.2 HAPS dengan Link Terrestrial

Konektivitas HAPS dengan Link Terrestrial menggunakan link FSO dengan panjang gelombang 1550 nm yang memiliki kehandalan yang baik terhadap atmosfer dan cuaca di permukaan bumi. Parameter Link Budget dari FSO ini ditunjukkan pada Tabel 3.4 dibawah ini. [24]

Tabel 3.4 Parameter Link Budget Inter-HAPS dan HAPS dengan Link Terrestrial

Inter-HAPS		HAPS dengan Link Terrestrial	
Parameter	Nilai	Parameter	Nilai
Modulasi	OOK (<i>On-Off Keying</i>)	Transmit power (Pt)	200 mWatt
Transmitter	Laser Diode 10 mW	Pointing losses (Lpoi)	2 dB
Receiver	Homodyne	Optical losses (Lopt)	2 dB
λ	1064 nm	Divergence angle (θ)	1 mrad
Jarak	50 Km	Elevation angle (ϕ)	45°
Transmit Power	-20 dBW	Receiver radius (r)	4 cm
Free Space Loss	190 dB	Transmission wavelength (λ)	1550 nm
Transmit Antenna Gain (1 mm)	69,4 dB	NFP height (h)	1 km - 20 km
Receive Antenna Gain (1 mm)	69,4 dB	Wind speed (v)	21 m/s
Misalignment Loss	6,1 dB	Receiver sensitivity (Nb)	100 photons/bit
ATM Loss	10 dB	BER	10 ⁻⁹
Safety Margin	5 dB	Fog visibility (V)	50 m
Receive Power	-80,3 dBW	Fog layer thickness (Δ dfog)	50 m
No	-197 dBW/Hz	Rain rate (Rrain)	50 mm/hour
Bandwidth 1 GHz	90 dBHz	Rain layer thickness (Δ drain)	1000 m
Eb	-170,3 dBW/Hz	Planck's constant (hp)	6.626×10 ⁻³⁴ J-s
Eb/No	14,7 dB	Speed of light (c)	3×10 ⁻⁸ m/s

4. Kesimpulan

1. Frekuensi kerja microwave link ditentukan berdasarkan jarak antar site, terbagi menjadi 3 yaitu 23 GHz untuk jarak pendek dibawah 10 Km, 15 GHz untuk jarak menengah pada rentang 10-15 Km, dan 8 GHz untuk jarak jauh diatas 15 Km. Jenis polarisasi yang digunakan adalah vertikal yang penyebaran gelombang sinyalnya lebih rapat dan jangkauan yang lebih jauh.
2. Sistem perancangan ini berjalan dengan baik ditunjukkan pada terjadinya Line of Sight antar site pada microwave link dan mendapatkan nilai daya terima lebih tinggi daripada nilai daya terima minimumnya disisi penerima seperti pada site WAB_Selpele dengan WAB_Repeater_Salyo daya yang diterima -37,34 dB jauh lebih tinggi daripada nilai daya terima minimumnya yaitu -69,00 dB. Serta mampu memberikan layanan sesuai dengan kapasitas maksimum yang dibutuhkan tiap site 157,28 Mbps uplink dan 490,80 Mbps downlink.
3. Link backhaul menggunakan transport microwave link layak digunakan karena nilai daya terima disemua link lebih besar dari nilai daya terima yang disyaratkan. Begitu pula dengan fade margin yang cukup besar, selisih antara nilai daya terima dan nilai daya terima minimum. Serta availability >99,99% pada semua link backhaul.
4. Link backhaul menggunakan transport FSO HAPS berupa balon Sky Station layak digunakan karena memiliki data rate yang tinggi dan link margin yang diatas -40 dB pada ketinggian platform 20 Km.
5. Sehingga backhaul kombinasi transport microwave link pada link terrestrial dan HAPS dapat digunakan untuk menyediakan layanan jaringan LTE diwilayah Kabupaten Raja Ampat.

Daftar Pustaka:

- [1] Komala, Yosika Dian. "Analisis Perancangan Universal Mobile Telecommunication Service (UMTS) Menggunakan High Altitude Platform Station (HAPS)". 2014. Bandung: Universitas Telkom.
- [2] Usman, Uke Kurniawan., Prihatmoko, Galuh., Hendraningrat, Denny K., Purwanto, Sigit Dedi. Fundamental Teknologi Seluler LTE. Bandung: Rekayasa Sains, 2012.
- [3] S. Nathaniel, Sistem Transmisi Microwave.
- [4] Muchlisin. "Perencanaan Capacity Coverage pada Access Link dan Backhaul Menggunakan Minilink pada Jaringan LTE di Daerah Kota Bandung", 2017. Bandung: Universitas Telkom.
- [5] Arfiandi, Derri. "Analisis Perencanaan Backhaul E Node B LTE Site Menggunakan Kombinasi Transport Microwave Link dan Fiber Optic Link". 2016. Bandung: Universitas Telkom.
- [6] Kelayakan Implementasi High Altitude Platforms (HAPs). 2016. Jakarta: SDPPPI Kementerian Komunikasi dan Informatika
- [7] Kajian Frekuensi Ka-Band Untuk Komunikasi Satelit. 2016. Jakarta : SDPPPI Kementerian Komunikasi dan Informatika
- [8] Chauhan, T. H., Agarwal, S., Purohit, S., & Kumar, A. (2013). Wireless Communications from High Altitude Platforms. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 3(4), 220–223.
- [9] Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (APJII), survei tahun 2016.
- [10] Kabupaten Raja Ampat dalam Angka 2016. Badan Pusat Statistik. Katalog BPS : 1102001.9108. Tahun 2016
- [10] Internasional Telecommunication Union (ITU) 2012
- [11] Harris CapRock Communications Inc., 2012
- [12] Sutrisno, "BSEEE, MT," Perancangan Sistem Radio (Microwave Link Design), p. 3, 2011.
- [13] H. Lehpahmer, in Microwave Radio Transmission Design Guide, United States: McGraw-Hill, 2010.
- [14] Huawei Technologies, LTE Radio Network Capacity Dimensioning, 2013.
- [15] Intelsat. A Practical Introductory Guide on Using Satellite Technology for Communications, 2010.
- [16] Benoit G., Fenech H., Pezzana S. (2009) Triple Play over Satellite, Ka-Band Making the Difference. In: Sithampanathan K., Marchese M. (eds) Personal Satellite Services. PSATS 2009. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering, vol 15. Springer, Berlin, Heidelberg
- [17] Hasanuddin, Zulfajri Basri. Design of Ka-Band Satellite Links in Indonesia. World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Electronics and Communication Engineering Vol:8, No:8, 2014
- [18] Gultom, Amry Daulat., Yuniarti, Diah. Kajian teknologi High Altitude Platform (HAP). 2016. Jakarta: Buletin Pos dan Telekomunikasi Vol. 14 No. 1 (2016): 11-22
- [19] E, Novianto. Analisa Performansi Transmisi Backbone Microwave PT. Telkomsel Area Kalimantan, 2012
- [20] Wicaksono, Febryan Bagus. "Analisis Perencanaan Backhaul Microwave Untuk Radio Komunikasi Pada Kawasan Wisata Kepulauan Seribu", 2016. Bandung: Universitas Telkom.
- [21] Nugroho, Arifin., Indarto, Eka., Wijanto, Heroe. Architecture of Internet Backbone Network Protocol Based on HAPS.
- [22] Olmedo, Lenin Jara. High Altitude Platforms: Services and Opportunities. 2010. The University of York
- [23] Alzenad, Mohamed., Shakir, Muhammad Z., Yanikomeroğlu, Halim., Alouini, Mohamed-Slim. 2017. FSO-based Vertical Backhaul/Fronthaul Framework for 5G+ Wireless Networks. arXiv:1607.01472v3 [cs.NI] 4 May 2017
- [24] Aditi Malik and Preeti Singh. 2015. "Free Space Optics: Current Applications and Future Challenges," International Journal of Optics, vol. 2015, Article ID 945483, 7 pages, 2015.