

**PERENCANAAN JARINGAN INFRASTRUKTUR TERINTEGRASI
SATELIT UNTUK PENERAPAN PADA PUBLIC PROTECTION AND
DISASTER RELIEF (PPDR)**

***PLANNING OF SATELLITE INTEGRATED INFRASTRUCTURE FOR
APPLICATION TO PUBLIC PROTECTION AND DISASTER RELIEF
(PPDR)***

Muhammad Aditya Ramadhan, Ahmad Tri Hanuranto², Agus Dwi Prasetyo³
^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
**madityar@students.telkomuniversity.ac.id, ²athanuranto@telkomuniversity.ac.id,
³surel.adp@gmail.com**

Abstrak

Bencana alam merupakan peristiwa yang dapat menimbulkan kerugian baik dari bentuk materi hingga korban jiwa. Public Protection and Disaster Relief (PPDR) merupakan salah satu bentuk mitigasi bencana dalam sarana radiokomunikasi demi mencegah hingga meminimalisir dampak kerugian bencana alam. Pada penelitian tugas akhir ini dilakukan perencanaan jaringan infrastruktur terintegrasi satelit dalam penerapan PPDR. Dimana menyediakan akses internet yang terkoneksi dengan VSAT sebagai penghubung ke satelit. Satelit sebagai backhaul memberikan cakupan pada daerah bencana yang dimana infrastruktur telekomunikasi darat gagal beroperasi akibat dampak bencana. Dalam perencanaan dilakukan perhitungan link budget untuk memperoleh nilai C/N tertentu yang menentukan kualitas. Dianalisis penggunaan kapasitas power dan bandwidth serta variasi perubahan parameter dari teknik modulasi dan FEC. Dari hasil penghitungan link budget Inbound yang direkomendasikan adalah teknik modulasi dan FEC yang optimal yaitu 16QAM & FEC 1/3. Link dianggap layak karena C/N total (28.51 dB) > (19.73 dB) C/N req, Eb/No (27.88 dB) > (14.5 dB) Eb/No req. Hasil penghitungan link budget Outbound yang direkomendasikan adalah teknik modulasi dan FEC yang optimal yaitu 64QAM & FEC 3/4. Link dianggap layak karena C/N total (28.5 dB) > (25.49 dB) C/N req, Eb/No (22.88 dB) > (18.5 dB) Eb/No req.

Kata kunci: PPDR, Satelit, Elektroda, VSAT, Link Budget

Abstract

Natural disasters are events which cause harm in terms of property and loss of lives. Public Protection and Disaster Relief (PPDR) is a solution of disaster mitigation by means of radiocommunication to prevent and minimize the impact of natural disasters. This final assignment figure the network planning, integrated infrastructure in the application of PPDR. Which provide internet access via VSAT as a link to the satellite. Satellite as backhaul will provide coverage in disaster areas where telecommunication infrastructure fails as the impact of the disaster. The results of link budget calculation will obtain a certain C/N value that determines quality. Analyzed the use of power and bandwidth capacities as well as variations in parameter changes from modulation techniques and FEC. From the calculation of the Inbound link budget, the recommended modulation technique and the optimal FEC are 16QAM & FEC 1/3. Links are feasible because C/N total (28.51 dB) > (19.73 dB) C/N req, Eb/No (27.88 dB) > (14.5 dB) Eb/No req. The recommended calculation result for Outbound link budget is the optimal modulation technique and FEC, namely 64QAM & FEC 3/4. The link is feasible because C/N total (28.5 dB) > (25.49 dB) C/N req, Eb/No (22.88 dB) > (18.5 dB) Eb/No req.

Keywords: PPDR, Satellite, VSAT, Link Budget

1. Pendahuluan

Peristiwa alam menjadi bencana ketika menyebabkan kesusahan, kecelakaan, dan kerugian. Hal tersebut berdampak pada kehidupan manusia modern baik infrastruktur, harta benda hingga nyawa. Data bencana alam yang tercatat mulai dari tahun 1900 sampai 2019 oleh EMDAT : OFDA/CRED *International Disaster Database, Université catholique de Louvain, Belgium* menunjukkan perkembangan tren yang naik. Dalam setengah abad terakhir, intensitas bencana alam

setiap dekade naik hingga seratus persen. Hal tersebut memberikan dampak pada perekonomian serta menyebabkan kematian. Data kerugian ekonomi langsung yang tercatat menyentuh angka satu juta hingga tiga milyar dolar Amerika. Data kematian yang tercatat dalam berbagai peristiwa bencana alam memakan ribuan hingga jutaan total korban jiwa. [1][2]

Dampak kerugian bencana alam dapat direduksi melalui penerapan sistem dan perencanaan yang terukur. *International Telecommunication Union* (ITU) dalam Report M.2033 mengenai *Public Protection and Disaster Relief* (PPDR) merupakan sistem pencegahan serta pemulihan bencana dalam skenario terburuk yang disebabkan oleh alam maupun aktivitas manusia. Laporan ITU pada tahun 2013 memberikan rekomendasi-rekomendasi teknis peran telekomunikasi mengenai mitigasi bencana berupa layanan telekomunikasi darurat, serta rekomendasi untuk pembangunan infrastruktur daya dan telekomunikasi yang aman. [3][4]

Mitigasi bencana dapat dioptimalkan dengan mengikuti perkembangan teknologi yang ada. Penerapan *broadband* untuk keselamatan publik dibahas lebih lanjut di buku [5] berupa transmisi video, sistem informasi geografis, akses *database* dan transfer informasi, serta bentuk lainnya yang memerlukan kecepatan tinggi dan kemampuan data-sentris. [3][6][7]

Penanganan kondisi pasca-bencana diperlukan perhatian lebih. Kegagalan operasi sistem komunikasi dikaji dalam [8] yang menunjukkan dampak dari bencana dapat berakibat putusnya daya listrik serta hancurnya infrastruktur. Rekomendasi penanganan kondisi tersebut berupa pembangunan infrastruktur yang tangguh terhadap bencana atau sistem komunikasi cadangan. Ketika infrastruktur telekomunikasi di daratan telah rusak atau meningkatnya penggunaan trafik akibat bencana, solusi penggunaan satelit dapat dibangun. Integrasi satelit dengan infrastruktur jaringan darat yang terbatas dengan teknologi *broadband* dapat direncanakan dengan spesifikasi, standar, dan kriteria yang kompatibel. Dalam penelitian ini membahas arsitektur jaringan dengan integrasi satelit untuk penerapan mitigasi bencana. [3][5][6][9]

Pada [6] membahas LTE sebagai teknologi *broadband* dapat digunakan untuk keselamatan publik. Penelitian [10][11][12] membahas jaringan LTE dengan satelit sebagai backhaul serta memberikan varian arsitektur jaringannya. Penelitian [9] membahas bagaimana memanfaatkan satelit sebagai backhaul dapat dimaksimalkan dalam kondisi pasca bencana dimana infrastruktur telekomunikasi darat gagal beroperasi diakibatkan dampak bencana alam. Pada penelitian [13] membahas integrasi antara LTE dan satelit dengan VSAT sebagai salah satu komponen sistem.

2. Dasar Teori

2.1 Public Protection and Disaster Relief

Public Protection and Disaster Relief (PPDR) terdiri dari dua komponen, yaitu: [5]

- Public Protection (PP) : komunikasi radio yang digunakan oleh instansi berwenang dalam menjaga ketertiban, perlindungan jiwa dan harta benda, serta situasi darurat.
- Disaster Relief (DR) : komunikasi radio yang digunakan oleh instansi yang berhadapan dengan gangguan serius terhadap keberlangsungan masyarakat berupa ancaman terhadap jiwa manusia, kesehatan, harta benda, baik yang disebabkan oleh aktivitas manusia atau alam.

2.2 Integrasi Satelit

Jaringan tradisional bertumpu menggunakan infrastruktur terestrial. Hal ini menyebabkan keterbatasan penerapan sistem LTE karena terbatasnya infrastruktur pada area remote. Salah satu cara mengatasi yakni dengan opsi satelit. Permasalahan transmisi melalui satelit memiliki dampak besar berupa *delay* atau pengiriman ulang paket TCP sehingga menghasilkan lalu lintas yang berlebihan. Namun telah berkembang penelitian untuk tantangan tersebut dengan hadirnya *Convergence Layer* pada sistem LTE. [11]

2.3 Parameter Link Budget

Perhitungan Link Budget diperlukan untuk mendapatkan nilai dari parameter-parameter dalam komunikasi satelit. Dalam mengirim dan menerima sinyal pada komunikasi satelit diperlukan kriteria khusus. Stasiun bumi dituntut untuk mampu memancarkan sinyal dengan level yang memenuhi persyaratan, jarak satelit dapat menyebabkan redaman lintasan. Berikut parameter-parameter dalam perhitungan link budget satelit :

2.3.1 Azimuth dan Elevasi

Orientasi sumbu antena yang diarahkan ke satelit ditentukan oleh dua sudut — azimuth (A) dan elevasi (E). Sudut azimuth (A) dengan stasiun bumi yang terletak di barat satelit:

$$A = 180^\circ - A'$$

Sudut azimuth (A) dengan stasiun bumi yang terletak di timur satelit:

$$A = 180^\circ + A'$$

Sudut elevasi (E) ditentukan sebagai berikut :

$$E = \arctan[(\cos\phi - R_E + (R_E + H))/(1 - \cos\phi^2)]^{1/2}$$

Keterangan:

A' = nilai Skew

L = derajat Bujur

l = derajat Lintang

$\cos\phi = \cos L \cdot \cos l$

R_E = jari-jari bumi (km)

H = jarak bumi ke satelit (km)

2.3.2 Gain Antena

Penguatan adalah perbandingan antara daya pancar antena terhadap antena referensi (isotropik).

Persamaan untuk antena parabola adalah sebagai berikut:

$$G = 20.45 + 20 \log f - 20 \log D - 10 \log n$$

2.3.3 Effective Isotropic Radiated Power

EIRP digunakan untuk menyatakan daya pengiriman dari stasiun bumi atau satelit. EIRP stasiun bumi memiliki persamaan sebagai berikut:

$$EIRP_{sb} = PTx + GTX - LossF - LossP$$

Keterangan:

LossF = redaman feeder

LossP = redaman salah sorot antenna

EIRP saturasi diperoleh dari spesifikasi penguat transponder. Untuk mendapatkan nilai EIRP linier:

$$EIRP_{linier} = EIRP_{saturasi} - OB_{osat}$$

2.3.4 Free Space Loss

FSL adalah total nilai pengurangan daya sinyal kirim dari stasiun bumi selama menempuh propagasi ke antena penerima pada satelit. Berikut persamaan:

$$FSL = 92.44 + 20 \log d - 20 \log f$$

2.3.5 Carrier to Noise

C/N adalah perbandingan antara sinyal pembawa yang diterima antena dengan thermal noise sistem.

Nilai C/N merupakan parameter untuk menentukan kualitas link. Berikut persamaan C/N:

$$\begin{aligned} C/N_{up} &= PT + GTX - FSL_{up} - L + G/T - k - BW_{allocated} \\ C/N_{down} &= EIRP_{saturasi} - FSL_{down} - L + G/T - k - BW_{allocated} \end{aligned}$$

Keterangan:

PT = power transmit (dBW)

GTX = gain antenna (dB)

FSL_{up} = FSL uplink (dB)

FSL_{down} = FSL downlink (dB)

L = waveguide loss

G/T = figure of merit satelit (dB/K)

K = konstanta Boltzman (dBW/K-Hz)

BW_{allocated} = allocated bandwidth (Hz)

Pada saat perhitungan C/N total, maka Noise bertambah sedangkan Carrier tetap. Berikut rumus C/N total:

$$C/N_{total} = ((C/N_{up})^{-1} + (C/N_{down})^{-1})^{-1}$$

Untuk mengetahui kelayakan link satelit, C/N total dibandingkan dengan C/N required. C/N required merupakan persyaratan C/N minimum yang diperoleh melalui persamaan berikut:

$$C/N_{required} = E_b/N_o_{req} + (\text{bitpersymbol}/(1 + \text{rolloffactor}))$$

2.3.6 Eb/No

Energi tiap bit yang diterima dengan rapat daya spektral noise merupakan besaran yang menunjukkan kualitas Radio Frequency (RF) yang diterima. Parameter yang memengaruhi nilai Eb/No yakni rate transmisi dan noise bandwidth. Berikut persamaan menentukan Eb/No:

$$Eb/No = C/N_{total} + BW_{allocated} - 10\log R$$

Keterangan:

BW_{allocated} = allocated bandwidth (Hz)

R = information rate (bps)

2.3.7 Operating Bandwidth Transponder

Bandwidth merupakan lebar pita frekuensi yang digunakan sebagai jalur komunikasi. Melalui selisih frekuensi tertinggi dan terendah dapat diketahui besarnya. Berikut persamaan untuk memperoleh besaran bandwidth pada komunikasi satelit (Hz):

$$BW_{operating} = \left(\frac{data\ rate}{N * FEC} \right) * (1 + rolloff\ factor)$$

$$BW_{allocated} = BW_{operating} * (1 + guardband)$$

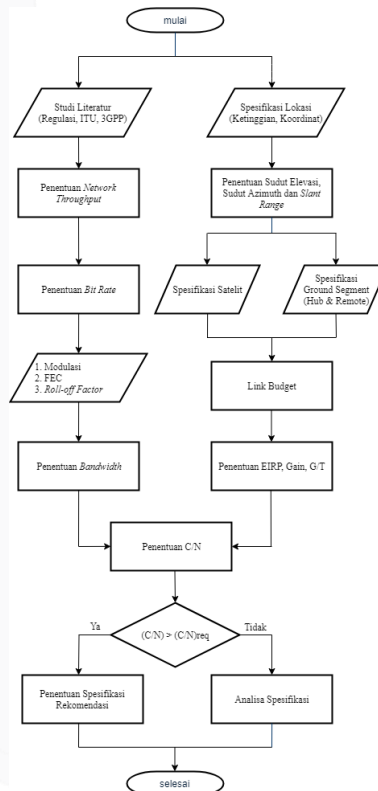
2.3.8 Carrier Bandwidth & Power

Perlu diperhatikan kondisi penggunaan sistem, yakni daya dan pita pada perhitungan link budget. Berikut rumus untuk menghitung penggunaan Bandwidth dan Power:

$$BW_{capacity} = \frac{BW\ transponder}{BW\ allocated}$$

$$Power\ Capacity = 10^{\frac{EIRP_{linier} - EIRP_{sb}}{10}}$$

2.7 Rancangan Penelitian



Gambar 1: Diagram Alir Penelitian

Dalam metodologi penelitian ini dilakukan perancangan jaringan dilakukan serangkaian tahapan. Tahapan-tahapan tersebut dibagi dua dalam memulai yakni: tahapan mengkaji kebutuhan-kebutuhan

dalam layanan PPDR dan tahapan menentukan spesifikasi jaringan infrastruktur terintegrasi satelit. Hasil-hasil perhitungan dijadikan referensi dalam menentukan C/N yang akan dibandingkan dengan C/N dari tahapan menentukan spesifikasi jaringan infrastruktur terintegrasi satelit.

3. Pembahasan

3.1 Hasil Link Budget

3.1.1 Perhitungan Link

Perhitungan link menghasilkan nilai C/N uplink dan C/N downlink yang dibandingkan dengan C/N required. Jika C/N total melebihi nilai C/N required maka perancangan link layak diterapkan. Dari hasil perhitungan, ditemukan nilai C/N uplink dan C/N downlink melebihi C/N required.

Tabel 3.1 Tabel hasil perhitungan link.

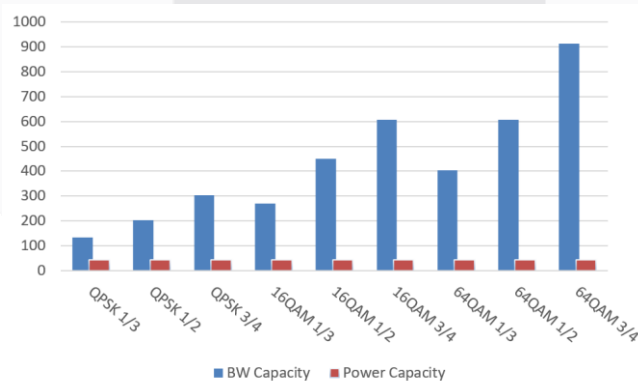
Parameter	Downlink	Uplink
Gain (dBi)	41.84	43.18
G/T (dB/K)	16.52	-
FSL (dB)	205.68	206.68
EIRP earth station (dBW)	-	19.77
C/N (dB)	33.51	19.77
C/N total (dB)	33.57	
C/N required (dB)	12.72	

3.1.2 Perhitungan Carrier

Hasil pada Tabel 3.2 dapat dilakukan perbandingan antara setiap teknik modulasi dan FEC dengan menemukan nilai dari BW Capacity dan Power Capacity yang paling mendekati satu sama lain untuk mencari spesifikasi paling optimum. Bentuk visualisasi data pada Gambar 4.1 akan memudahkan perbandingan. Dapat dilihat bahwa QPSK 1/3 adalah kondisi paling optimum dibanding yang lain dengan nilai BW Capacity = 135 dan Power Capacity = 44. Nilai BW Capacity pada teknik modulasi dan FEC yang lain menunjukkan jarak perbandingan yang semakin jauh.

Tabel 3.2 Tabel hasil perhitungan carrier uplink NPSTC.

Modulation Code rate	BW Capacity	Power Capacity
QPSK 1/3	135	44
QPSK 1/2	202	44
QPSK 3/4	304	44
16QAM 1/3	270	44
16QAM 1/2	450	44
16QAM 3/4	608	44
64QAM 1/3	405	44
64QAM 1/2	608	44
64QAM 3/4	913	44



Gambar 3.1 Visualisasi hasil perhitungan carrier uplink NPSTC.

AREA VSAT	TERMINAL	SATELIT	PSN6	INFORMATION DATA
Lokasi	Ternate	Lokasi	Ternate	Longitude
Longitude	127.21 BT	Longitude	127.21 BT	Input Datarate
Latitude	0.46 LU	Latitude	0.46 LU	Link Overhead Factor
Sdt Elev	67.95 * degree	Sdt Elev	67.95 * degree	Modulasi
Sdt Az	91.35 * degree	Sdt Az	91.35 * degree	Orde Modulasi
Tilt (skew)	-88.65 * degree	Tilt (skew)	-88.65 * degree	FEC Code Rate
Distanc	36184.57 km	Distanc	36184.57 km	Eff Input Datarate
Downlink Freq	12.7 GHz	Uplink Freq	14.25 GHz	Transmission Rate
Rx Ant Diam	1.2 m	Tx Ant Diam	1.2 m	Roll of Factor
Rx Ant Eff	0.6	Tx Ant Eff	0.65	BW Operating Sat
Rx Ant Noise Ter	290 K	Tx Fw Pwr	6 Watt	Guard Band
LNA Noise Temp	50 K	Tx Ant Gain	43.18905577 dBi	BW Allocated
T System Noise T	340 K	Feeder Loss	0.5 dB	BW Utility on XPDR
Rain Attenuation	0.67 dB	Pointing Loss	0.3 dB	BER 10 ⁻⁴
Rx Ant Gain	41.84121184 dBi	Tx Ant EIRP (SB)	48.389 dBW	Eb/No Req
Rx Ant G/T	16.52642267 dB/K	Uplink FSL	206.687 dB	C/N total
Downlink FSL	205.6865419 dB	Uplink Rain	0.6582 dB	Eb/No Available
Downlink C/N	33.520 dB	Uplink C/N	19.776 dB	Link Margin
Waveguide loss	10 db			Link status
				FEASIBLE

Gambar 3.2 Hasil optimal perhitungan carrier uplink NPSTC.

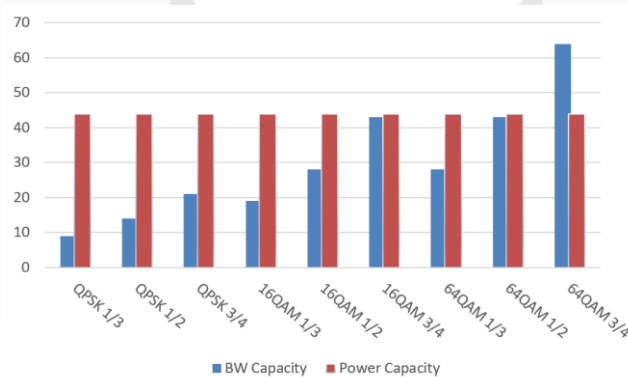
Dari hasil perhitungan link budget serta perbandingan antar modulasi dan code rate dapat diambil kesimpulan berupa :

1. Rekomendasi Modulasi dan Code rate yang dipilih adalah QPSK dan 1/3 karena menghasilkan kapasitas carrier yang paling optimal.
2. Link budget layak berdasarkan C/N total (33.57 dB) > (12.72 dB) C/N req, Eb/No (35.15 dB) > (10.5 dB) Eb/No req.

Hasil pada Tabel 3.3 dapat dilihat bahwa ditemukan 2 kondisi paling optimum dibanding yang lain, yaitu 16QAM 3/4 dan 64QAM 1/2 dengan nilai yang sama BW Capacity = 43 dan Power Capacity = 44. Nilai BW Capacity pada teknik modulasi dan FEC yang lain menunjukkan jarak perbandingan yang relatif jauh.

Tabel 3.3 Tabel hasil perhitungan carrier downlink NPSTC.

Modulation Code rate	BW Capacity	Power Capacity
QPSK 1/3	9	44
QPSK 1/2	14	44
QPSK 3/4	21	44
16QAM 1/3	19	44
16QAM 1/2	28	44
16QAM 3/4	43	44
64QAM 1/3	28	44
64QAM 1/2	43	44
64QAM 3/4	64	44



Gambar 3.3 Visualisasi hasil perhitungan carrier downlink NPSTC.

AREA VSAT		TERMINAL		SATELIT		PSN6		INFORMATION DATA	
Lokasi	Ternate	Lokasi	Ternate	Longitude	146 BT	-	Input Datarate	1736.52	kbps
Longitude	127.21 BT	Longitude	127.21 BT	Range Satelit	36000 km		Link Overhead Factor	0.2	
Latitude	0.46 LU	Latitude	0.46 LU	Saturated EIRP	59 dBW		Modulasi	16QAM	
				Satelit G/T	11.8 dB/K		Orde Modulasi	4	
Sdt Elev	67.95 ° degree	Sdt Elev	67.95 ° degree	SFD	-99 dBW		FEC Code Rate	0.75	
Sdt Az	91.35 ° degree	Sdt Az	91.35 ° degree	Attenuator	15 dB		Eff Input Datarate	1302.39	kbps
Tilt (Skew)	-88.65 ° degree	Tilt (Skew)	-88.65 ° degree	OBO	4.15 dB		Transmission Rate	2170.65	kbps
Distanc	36184.57 km	Distanc	36184.57 km	IBO	5 dB		Roll of Factor	0.2	
				Satelit PFD	-84 dBW/m2		BW Operating Sat	694.61	kHz
Downlink Freq	12.7 GHz	Uplink Freq	14.25 GHz				Guard Band	0.2	
Rx Ant Diam	1.2 m	Tx Ant Diam	1.2 m				BW Allocated	833.5296	kHz
Rx Ant Eff	0.6	Tx Ant Eff	0.65	BW Transponder	36000 kHz		BW Utility on XPDR	59.209	db
Rx Ant Noise Ter	290 K	Tx Fw Pwr	6 Watt					2.32	%
LNA Noise Temp	50 K	Tx Ant Gain	43.18905577 dBi	EIRP Linier	54.85 dBW				
T System Noise T	340 K	Feeder Loss	0.5 dB	EIRP Op	10.61 dBW				
Rain Attenuation	0.67 dB	Pointing Loss	0.3 dB						
Rx Ant Gain	41.84121184 dBi	Tx Ant EIRP (SB)	48.389 dBW						
Rx Ant G/T	16.52642267 dB/K	Uplink FSL	206.687 dB	C/N req	19.73 dB		BER 10 ⁻⁶	6	
Downlink FSL	205.6865419 dB	Uplink Rain	0.6582 dB	BW capacity	43 carrier		Eb/No Req	14.5	dB
Downlink C/N	28.561 dB	Uplink C/N	14.817 dB	Power Capacity	44 carrier		C/N total	28.63	dB
Waveguide loss	10 db			Link char	Bandwidth Limited		Eb/No Available	24.47	dB
							Link Margin	9.97	dB
							Link status	FEASIBLE	

Gambar 3.4 Hasil optimal perhitungan carrier uplink NPSTC.

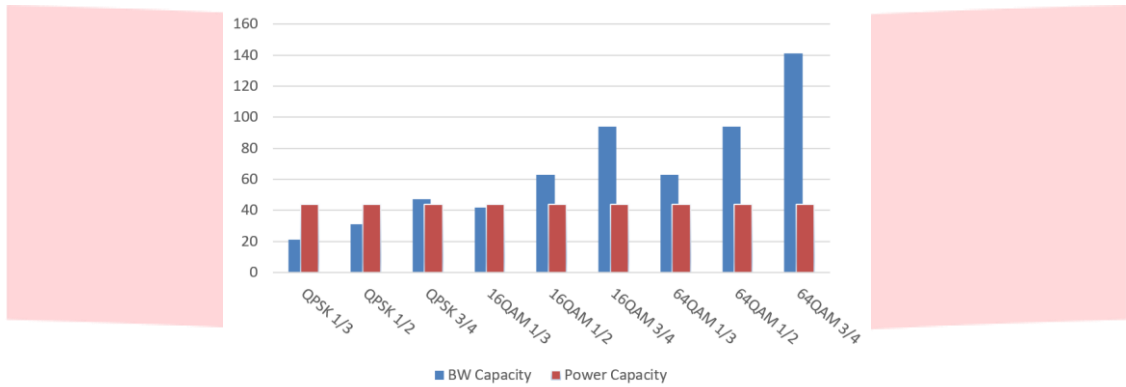
Dari hasil perhitungan link budget serta perbandingan antar modulasi dan code rate dapat diambil kesimpulan berupa :

1. Rekomendasi Modulasi dan Code rate yang dipilih memiliki 2 opsi yakni 16QAM dan 3/4 atau 64QAM dan 1/2, dua opsi tersedia karena menghasilkan kapasitas carrier yang paling optimal.
2. Link budget dengan modulasi code rate 16QAM 3/4 layak berdasarkan C/N total (28.63 dB) > (19.73 dB) C/N req, Eb/No (24.47 dB) > (14.5 dB) Eb/No req. Untuk modulasi code rate 64QAM 1/2 layak berdasarkan C/N total (28.63 dB) > (25.49 dB) C/N req, Eb/No (24.77 dB) > (18.5 dB) Eb/No req.

Hasil pada Tabel 3.4 dapat dilihat bahwa 16QAM 1/3 adalah kondisi paling optimum dibanding yang lain dengan nilai BW Capacity = 42 dan Power Capacity = 44. Nilai BW Capacity pada teknik modulasi dan FEC yang lain menunjukkan jarak perbandingan yang relatif dekat.

Tabel 3.4 Tabel hasil perhitungan carrier uplink default.

Modulation Code rate	BW Capacity	Power Capacity
QPSK 1/3	21	44
QPSK 1/2	31	44
QPSK 3/4	47	44
16QAM 1/3	42	44
16QAM 1/2	63	44
16QAM 3/4	94	44
64QAM 1/3	63	44
64QAM 1/2	94	44
64QAM 3/4	141	44



Gambar 3.5 Visualisasi hasil perhitungan carrier uplink default.

AREA VSAT	TERMINAL	SATELIT	PSN6	INFORMATION DATA
Lokasi Ternate	Lokasi Ternate	Longitude 146 BT		Input Datarate 792.87 kbps
Longitude 127.21 BT	Longitude 127.21 BT	Range Satelit 36000 km		Link Overhead Factor 0.2
Latitude 0.46 LU	Latitude 0.46 LU	Saturated EIRP 59 dBW		Modulasi 16QAM
Sdt Elev 67.95 ° degree	Sdt Elev 67.95 ° degree	Satelit G/T 11.8 dB/K		Orde Modulasi 4
Sdt Az 91.35 ° degree	Sdt Az 91.35 ° degree	SFD -99 dBW		FEC Code Rate 0.33
Tilt (Skew) -88.65 ° degree	Tilt (Skew) -88.65 ° degree	Attenuator 15 dB		Eff Input Datarate 594.65 kbps
Distanc 36184.57 km	Distanc 36184.57 km	OBO 4.15 dB		Transmission Rate 991.09 kbps
Downlink Freq 12.7 GHz	Uplink Freq 14.25 GHz	IBO 5 dB		Roll of Factor 0.2
Rx Ant Diam 1.2 m	Tx Ant Diam 1.2 m	Satelit PFD -84 dBW/m2		BW Operating Sat 713.58 kHz
Rx Ant Eff 0.6	Tx Ant Eff 0.65	BW Transponder 36000 kHz		Guard Band 0.2
Rx Ant Noise Ter 290 K	Tx Fw Pwr 6 Watt	EIRP Linier 54.85 dBW		BW Allocated 856.2996 kHz
LNA Noise Temp 50 K	Tx Ant Gain 43.18905577 dBi	EIRP Op 10.61 dBW		BW Utility on XPDR 59.326 db
T System Noise T 340 K	Feeder Loss 0.5 dB			BW Utility on XPDR 2.38 %
Rain Attenuation 0.67 dB	Pointing Loss 0.3 dB			BER 10 ⁻⁶ 6
Rx Ant Gain 41.84121184 dBi	Tx Ant EIRP (SB) 48.389 dBW	C/N req 19.73 dB		Eb/No Req 14.5 dB
Rx Ant G/T 16.52642267 dB/K	Uplink FSL 206.687 dB	BW capacity 42 carrier		C/N total 28.51 dB
Downlink FSL 205.6865419 dB	Uplink Rain 0.6582 dB	Power Capacity 44 carrier		Eb/No Available 27.88 dB
Downlink C/N 28.444 dB	Uplink C/N 14.700 dB	Link char Bandwidth Limited		Link Margin 13.38 dB
Waveguide loss 10 db				FEASIBLE

Gambar 3.6 Hasil optimal perhitungan carrier uplink default.

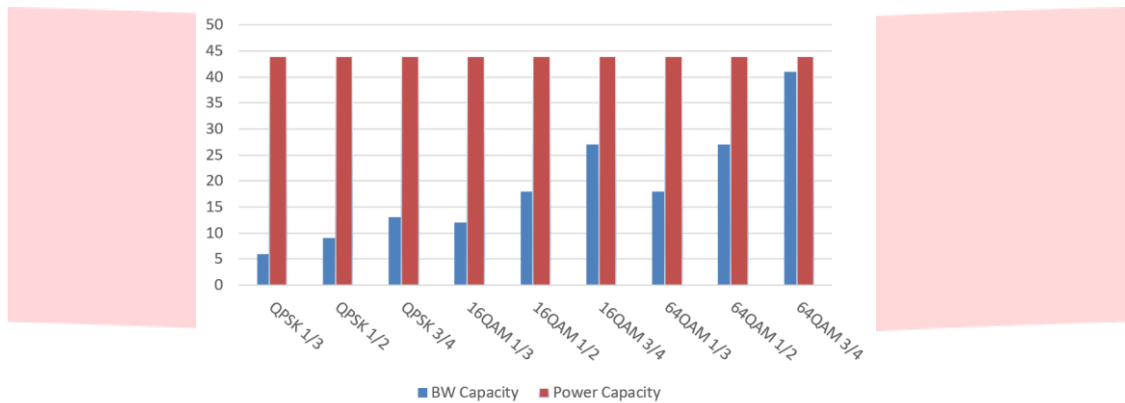
Dari hasil perhitungan link budget serta perbandingan antar modulasi dan code rate dapat diambil kesimpulan berupa :

1. Rekomendasi Modulasi dan Code rate yang dipilih adalah QPSK dan 1/3 karena menghasilkan kapasitas carrier yang paling optimal.
2. Link budget layak berdasarkan C/N total (28.51 dB) > (19.73 dB) C/N req, Eb/No (27.88 dB) > (14.5 dB) Eb/No req.

Hasil pada Tabel 3.5 dapat dilihat bahwa 16QAM 1/3 adalah kondisi paling optimum dibanding yang lain dengan nilai BW Capacity = 42 dan Power Capacity = 44. Nilai BW Capacity pada teknik modulasi dan FEC yang lain menunjukkan jarak perbandingan yang relatif dekat.

Tabel 3.5 Tabel hasil perhitungan carrier downlink default.

Modulation Code rate	BW Capacity	Power Capacity
QPSK 1/3	6	44
QPSK 1/2	9	44
QPSK 3/4	13	44
16QAM 1/3	12	44
16QAM 1/2	18	44
16QAM 3/4	27	44
64QAM 1/3	18	44
64QAM 1/2	27	44
64QAM 3/4	41	44



Gambar 3.7 Visualisasi hasil perhitungan carrier downlink default.

AREA VSAT	TERMINAL	SATELIT	INFORMATION DATA
Lokasi Ternate	Lokasi Ternate	Longitude 146 BT	Input Datarate 2684.30 kbps
Longitude 127.21 BT	Longitude 127.21 BT	Range Satelit 36000 km	Link Overhead Factor 0.2
Latitude 0.46 LU	Latitude 0.46 LU	Saturated EIRP 59 dBW	Modulasi 64QAM
Sdt Elev 67.95 * degree	Sdt Elev 67.95 * degree	Satelit G/T 11.8 dB/K	Orde Modulasi 6
Sdt Az 91.35 * degree	Sdt Az 91.35 * degree	SFD -99 dBW	FEC Code Rate 0.75
Tilt (Skew) -88.65 * degree	Tilt (Skew) -88.65 * degree	Attenuator 15 dB	Eff Input Datarate 1789.53 kbps
Distanc 36184.57 km	Distanc 36184.57 km	OBO 4.15 dB	Transmission Rate 3131.68 kbps
Downlink Freq 12.7 GHz	Uplink Freq 14.25 GHz	IBO 5 dB	Roll of Factor 0.2
Rx Ant Diam 1.2 m	Tx Ant Diam 1.2 m	Satelit PFD -84 dBW/m2	BW Operating Sat Guard Band 715.81 kHz
Rx Ant Eff 0.6	Tx Ant Eff 0.65	BW Transponder 36000 kHz	BW Allocated 858.976 kHz
Rx Ant Noise Ter 290 K	Tx Fw Pwr 6 Watt	EIRP Linier 54.85 dBW	BW Utility on XPDR 2.39 %
LNA Noise Temp 50 K	Tx Ant Gain 43.18905577 dBi	EIRP Op 10.61 dBW	BER 10^-6 6
T System Noise T 340 K	Feeder Loss 0.5 dB	C/N req 25.49 dB	Eb/No Req 18.5 dB
Rain Attenuation 0.67 dB	Pointing Loss 0.3 dB	BW capacity 41 carrier	C/N total 28.50 dB
Rx Ant Gain 41.84121184 dBi	Tx Ant EIRP (SB) 48.389 dBW	Power Capacity 44 carrier	Eb/No Available 22.88 dB
Rx Ant G/T 16.52642267 dB/K	Uplink FSL 206.687 dB	Link char Bandwidth Limited	Link Margin 4.38 dB
Downlink FSL 205.6865419 dB	Uplink Rain 0.6582 dB		Link status FEASIBLE
Downlink C/N 28.430 dB	Uplink C/N 14.686 dB		
Waveguide loss 10 db			

Gambar 3.8 Hasil optimal perhitungan carrier uplink default.

Dari hasil perhitungan link budget serta perbandingan antar modulasi dan code rate dapat diambil kesimpulan berupa :

1. Rekomendasi Modulasi dan Code rate yang dipilih adalah 64QAM dan 3/4 karena menghasilkan kapasitas carrier yang paling optimal.
2. Link budget layak berdasarkan C/N total (28.5 dB) > (25.49 dB) C/N req, Eb/No (22.88 dB) > (18.5 dB) Eb/No req.

3.1.3 Analisis Perolehan Link

Resume pada Tabel 3.6 merupakan hasil analisa dengan kebutuhan yang paling optimum dengan spesifikasi yang ada. Perhitungan kebutuhan datarate default diperuntukkan bagi *first responder* sedangkan kebutuhan datarate NPSTC diperuntukkan bagi personil PPDR.

Tabel 3.6 Resume proyeksi jaringan terintegrasi satelit.

Resume Analisa dan Hasil Perhitungan Link	
Terminal	VSAT-IP (Toughsat XP)
Frekuensi	Ku-Band
Satelit	High-Throughput Satellite (PSN-6)
Trafik Datarate	Uplink 792.87 kbps; Downlink 2684.3
Teknik Modulasi & FEC	Uplink 16QAM 1/3; Downlink 64QAM 3/4
Link Budget Status	Uplink Feasible dengan Link Margin 13.38 dB; Downlink Feasible dengan Link Margin 4.38 dB
Trafik Datarate (NPSTC)	Uplink 123.19 kbps; Downlink 1736.52 kbps
Teknik Modulasi & FEC (NPSTC)	Uplink QPSK 1/3; Downlink 16QAM 3/4 atau 64QAM 3/4
Link Budget Status (NPSTC)	Uplink Feasible dengan Link Margin 24.65 dB; Downlink Feasible dengan Link Margin 9.97 dB atau 6.27 dB

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, maka diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Hasil analisa yang didapatkan terhadap nilai Power Capacity yaitu 44, sehingga untuk mencari spesifikasi yang optimal nilai Bandwidth Capacity mendekati. Pada hasil simulasi link budget kebutuhan NPSTC untuk Uplink memiliki nilai 135 dan Downlink memiliki nilai 43. Pada Pada hasil simulasi link budget kebutuhan default untuk Uplink memiliki nilai 42 dan Downlink memiliki nilai 41.
2. Hasil simulasi link budget (NPSTC) Inbound Ternate-Ternate menghasilkan rekomendasi Modulasi & FEC yang optimal adalah QPSK & FEC 1/3. Link dianggap layak karena C/N total (33.57 dB) > (12.72 dB) C/N req, E_b/N_o (35.15 dB) > (10.5 dB) E_b/N_o req.
3. Hasil simulasi link budget (NPSTC) Outbound Ternate-Ternate menghasilkan dua rekomendasi Modulasi & FEC yang optimal yaitu 16QAM & FEC 3/4 atau 64QAM & FEC 1/2. Link budget dengan modulasi code rate 16QAM 3/4 layak berdasarkan C/N total (28.63 dB) > (19.73 dB) C/N req, E_b/N_o (24.47 dB) > (14.5 dB) E_b/N_o req. Untuk modulasi code rate 64QAM 1/2 layak berdasarkan C/N total (28.63 dB) > (25.49 dB) C/N req, E_b/N_o (24.77 dB) > (18.5 dB) E_b/N_o req.
4. Hasil simulasi link budget (default) Inbound Ternate-Ternate menghasilkan rekomendasi Modulasi & FEC yang optimal adalah 16QAM & FEC 1/3. Link dianggap layak karena C/N total (28.51 dB) > (19.73 dB) C/N req, E_b/N_o (27.88 dB) > (14.5 dB) E_b/N_o req.
5. Hasil simulasi link budget (default) Outbound Ternate-Ternate menghasilkan rekomendasi Modulasi & FEC yang optimal adalah 64QAM & FEC 3/4. Link dianggap layak karena C/N total (28.5 dB) > (25.49 dB) C/N req, E_b/N_o (22.88 dB) > (18.5 dB) E_b/N_o req.

Daftar Pustaka:

- [1] Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, "EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database," Brussels, Belgium: Catholic University of Leuven, 2019.
- [2] United Nations Office for Disaster Reduction, "United Nations Statistics Division," 2018. [Online]. Available: <https://unstats.un.org/sdgs/indicators/database>.
- [3] International Telecommunications Union-Radiocommunication Sector, "Annex 2, in Report ITU-RM.2033," Geneva, Switzerland: ITU, 2003
- [4] International Telecommunications Union-Telecommunication Standardization Sector, "Technical Report on Telecommunications and Disaster Mitigation," Geneva, Switzerland: ITU, 2013.
- [5] F. Ramon, "Mobile Broadband Communications for Public Safety : The Road Ahead Through LTE Technology," New York, United States: John Wiley & Sons Ltd, 2015
- [6] T. Doumi, "LTE for Public Safety Networks," LTE TECHNOLOGY UPDATE: PART 2, IEEE Communications Magazine, 2013.
- [7] Ericsson, "Ericsson White Paper: LTE Release 13," Ericsson, 2015
- [8] K. Zayan, "Case studies of communications systems during harsh environments: A review of approaches, weaknesses, and limitations to improve quality of service," International Journal of Distributed Sensor Networks, Vol. 15(2), 2019.
- [9] M. Casoni, "Integration of Satellite and LTE for Disaster Recovery," Satellite Communications and Networking, IEEE Communications Magazine, 2015.
- [10] M. Breiling, "LTE Backhauling Over MEO-Satellites," 7th ASMS/SPSC, IEEE, 2014.
- [11] A. Kapovits, "Satellite Communications Integration with Terrestrial Networks," INTEGRATED TERRESTRIAL-SATELLITE, China Communication, 2018.
- [12] E. Zeydan, "On the Impact of Satellite Communications over Mobile Networks," ArXiv, 2019.
- [13] D. Yuniarti, "Kebutuhan Frekuensi Untuk Public Protection and Disaster Relief (PPDR) Pita Lebar di Indonesia," Buletin Pos dan Telekomunikasi, vol. 13, 2015.