

Evaluasi dan Perencanaan Jumlah Kebutuhan *Base Transceiver Station* (BTS) di Kabupaten Nunukan

Evaluation and Planning of Required of Base Transceiver Station (BTS) in Nunukan Regency

Vita Pusvita

Balai Besar Pengembangan Sumber daya Manusia dan Penelitian Komunikasi dan Informatika Medan
Jl. Tombak No.31, Medan, 20222, Telp:061-6639817, Fax: 061-6639816

vita.pusvita@kominfo.go.id

Diterima : 5 Oktober 2018 || Revisi : 23 Oktober 2018 || Disetujui: 23 Oktober 2018

Abstrak – Kabupaten Nunukan memiliki kondisi geografis yang dapat menghambat layanan publik secara langsung. Penerapan layanan publik secara *online*, dapat membantu pemerintah menjangkau masyarakat yang berada di pulau yang berbeda. Namun, kurangnya akses telekomunikasi, terutama dalam hal tidak terpenuhinya jangkauan maupun kapasitas menara telekomunikasi/ *Base Transceiver Station* (BTS), menjadi kendala utama dalam penerapan pelayanan tersebut. Oleh karena itu, dibutuhkan evaluasi dan perencanaan kebutuhan BTS agar dapat menjangkau seluruh pengguna. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi jumlah kebutuhan menara telekomunikasi yang dibutuhkan di Kabupaten Nunukan. Penelitian ini menggunakan dua metode dalam penentuan kebutuhan BTS yaitu dengan menggunakan model propagasi *Standford University Interim* (SUI) untuk mengetahui luas cakupan jangkauan menara telekomunikasi, serta menggunakan perhitungan kapasitas BTS dalam memenuhi kebutuhan *traffic*. Hasil yang diperoleh yaitu jumlah BTS yang tercatat hingga saat ini mampu memenuhi kebutuhan *traffic* jika diasumsikan semua BTS yang telah dibangun merupakan BTS makro dengan spesifikasi antena tiga sektor dengan jumlah *carrier* satu maupun dua, atau BTS mikro dengan spesifikasi antena tiga sektor dengan jumlah *carrier* dua. Namun, jika tidak memenuhi spesifikasi tersebut, perlu dilakukan penambahan jumlah BTS berdasarkan kapasitas BTS untuk seluruh kecamatan, kecuali Kecamatan Krayan, Krayan Timur, Krayan Tengah dan Krayan Barat.

Kata kunci: *Base Transceiver Station* (BTS), kebutuhan *traffic*, layanan publik, *Standford University Interim* (SUI)

Abstract - Nunukan Regency has geographical conditions that can prevent directly public services. Implementation of online public service can help government to reach community. However, the lack of telecommunication access, especially inaccessibility of users or the lack of BT capacity, is a major obstacle in the implementation of these service. Therefore, evaluation and planning of BTS requirement is needed in order to reach all users. The purpose of this research is to evaluate and plan the requirement of telecommunication tower in Nunukan Regency. This study used two methods in determining the BTS requirement by using the *Standford University Interim* (SUI) propagation model to determine the coverage area of telecommunication towers and using the calculation of BTS capacity to meet traffic requirements. The result obtained is the number of base stations which recorded are able to meet traffic requirements if it is assumed that all base stations which have been built are macro BTS with 3 sector antenna specification and the number of carriers 1 or 2, or micro BTS with 3 sectors antenna specification and the number of carriers 2. However, if it does not meet these specifications, it is necessary to increase the number of BTS based on BTS capacity for all sub-districts, except Krayan, Kraya Timur, Krayan Tengah and Krayan Barat.

Keywords: *Base Transceiver Station* (BTS), public service, *Standford University Interim* (SUI), traffic requirement

PENDAHULUAN

Tuntutan terhadap pemerintah yang semakin bersih dan transparan, menjadi awal mula pengembangan *electronic Government* (*e-Government*) di Indonesia. Presiden Republik Indonesia kemudian mengeluarkan Instruksi Presiden No3 Tahun 2003, mengenai Kebijakan dan Strategi Nasional Pengembangan *e-Government*. Instruksi presiden ini menjelaskan

bahwa pemerintah diharuskan untuk menyelenggarakan pemerintahan secara elektronik, baik dalam pengolahan data, informasi maupun proses kerja, serta dalam penyediaan layanan publik yang dapat dijangkau masyarakat dengan mudah dan murah. Hal tersebut menunjukkan bahwa penerapan *e-Government* tidak hanya melibatkan pemerintah, namun juga melibatkan masyarakat maupun badan

usaha, sebagai pihak-pihak yang dilayani oleh pemerintah. Keterlibatan pihak-pihak tersebut memberikan tantangan baru bagi pemerintah. Pemerintah tidak hanya membutuhkan perangkat Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) yang dapat membantu dalam memberikan layanan publik, namun pemerintah juga harus menyediakan sarana bagi masyarakat untuk mendapatkan layanan publik baik secara gratis maupun berbayar.

Perangkat TIK yang paling murah dan mudah untuk dimiliki oleh masyarakat dari berbagai golongan adalah telepon seluler. Hal ini diketahui dari lebih tingginya kepemilikan perangkat telepon seluler (telepon pintar/tablet) di Indonesia dibandingkan kepemilikan laptop/komputer (APJII, 2017). Tingkat kepemilikan perangkat berupa telepon seluler ini juga berbeda berdasarkan kategori wilayah yaitu urban, rural-urban maupun wilayah rural. Salah satu faktor yang dapat menyebabkan terjadinya ketimpangan (kesenjangan) digital, terutama dalam jumlah pengguna perangkat seperti telepon pintar/tablet, adalah masih kurangnya fasilitas infrastruktur telekomunikasi di daerah rural dibandingkan urban.

Salah satu infrastruktur yang vital dalam jaringan telekomunikasi adalah menara telekomunikasi. Menara telekomunikasi memfasilitasi terjadinya pertukaran informasi secara cepat. Ketiadaan menara telekomunikasi akan berdampak pada terhambatnya penyampaian informasi dari pemerintah ke masyarakat, terutama di daerah yang sulit dijangkau. Oleh karena itu, infrastruktur telekomunikasi terutama menara telekomunikasi menjadi bagian yang tidak dapat dipisahkan dalam salah satu perencanaan penerapan *e-Government*. Selain harus dapat menjangkau pengguna, menara telekomunikasi juga harus mampu menampung kapasitas *traffic* pengguna dalam suatu wilayah.

Nunukan sebagai salah satu kabupaten di Indonesia juga memiliki kewajiban dalam penerapan *e-Government* di wilayahnya. Salah satu hal yang menghambat layanan publik secara langsung di kabupaten ini adalah pusat pemerintahan Kabupaten Nunukan yang berada di Pulau Nunukan, yang terpisah dengan beberapa pulau lainnya. Penerapan *e-Government* secara tepat dapat menjadi salah satu solusi bagi pemerintah Kabupaten Nunukan untuk menjangkau masyarakat, terutama dalam hal layanan publik secara *online*. Namun, penerapan *e-Government* masih sulit dilaksanakan karena tidak semua wilayahnya mendapatkan jangkauan

telekomunikasi diakibatkan kondisi topografi yang sulit dijangkau. Selain itu, masyarakat juga mengeluhkan kondisi akses internet yang sulit, walaupun saat ini Kabupaten Nunukan tercatat memiliki 102 menara telekomunikasi. Salah satu penyebabnya adalah jumlah menara telekomunikasi yang ada memang belum mampu memenuhi kebutuhan *traffic* maupun luas jangkauan pengguna. Oleh karena itu, evaluasi dan perencanaan jumlah kebutuhan menara telekomunikasi dapat menjadi salah satu strategi bagi pemerintah daerah, dalam memberikan informasi maupun layanan yang lebih luas kepada masyarakat. Hal ini menjadi alasan bagi peneliti untuk menelaah mengenai evaluasi dan perencanaan jumlah kebutuhan menara telekomunikasi di Kabupaten Nunukan dengan mempertimbangkan kebutuhan *traffic* dan luas cakupan wilayah.

Perencanaan kebutuhan menara telekomunikasi atau yang lebih dikenal dengan *Base Tranceiver Station* (BTS) telah banyak diteliti sebelumnya. Palilu dan Pratomo (2014) melakukan studi awal perencanaan kebutuhan menara telekomunikasi bersama di Palangkaraya. Studi ini menggunakan model propagasi *Okumura-Hatta*. Perhitungan jumlah BTS dilakukan hanya dengan melihat perkiraan kapasitas *traffic* dan tanpa melihat jangkauan dari BTS, walaupun pada penelitiannya masih membahas mengenai model propagasi. Penelitian yang sama juga dilakukan oleh Junaidi (2015). Junaidi menambahkan perencanaan zona persebaran BTS bersama dalam penelitiannya. Namun, pada penelitian tersebut tidak membahas mengenai model propagasi dalam pengukuran jangkauan BTS, hanya mempertimbangkan kebutuhan *traffic* yang dibutuhkan. Pada kedua penelitian tersebut dilakukan perhitungan jumlah kebutuhan BTS per wilayah kecamatan.

Selain perencanaan kebutuhan BTS pada cakupan yang luas, perencanaan pembangunan BTS juga dapat dilakukan pada wilayah tertentu saja. Penelitian seperti ini biasanya menggunakan metode observasi langsung. N. Ismail *et al* (2015) melakukan perencanaan pembangunan BTS dengan metode observasi langsung yaitu *drive test* dan *tracking*, dalam menentukan titik kandidat penempatan BTS. Penelitian ini lebih akurat dalam perencanaan karena pengukuran jangkauan BTS dilakukan secara langsung. Perencanaan BTS pada penelitian ini

dilakukan dengan memperhatikan faktor kelengkungan bumi.

Berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh N. Ismail (2015), pada penelitian yang dikaji ini akan mengadopsi penelitian Palilu dan Purnomo serta Junaidi dikarenakan wilayah penelitian yang cukup luas. Namun, pada penelitian ini juga akan dilakukan perhitungan kebutuhan BTS tidak hanya berdasarkan kebutuhan *traffic*, tetapi juga berdasarkan jangkauan BTS. Jika Palilu dan Purnomo menggunakan model propagasi *Okumura-Hatta*, penelitian ini akan menggunakan model propagasi *Standford University Interim (SUI)* dalam pengukuran jangkauan BTS.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan mengevaluasi kebutuhan menara telekomunikasi yang dapat memenuhi kebutuhan komunikasi seluler masyarakat di Kabupaten Nunukan. Spesifikasi menara telekomunikasi pada penelitian ini dibatasi pada *Base Tranceiver Station (BTS)* makro dan mikro dengan spesifikasi antena *omnidirectional* dan tiga sektor serta jumlah *carrier* dibatasi sejumlah dua untuk penggunaan BTS makro. Selain itu, penelitian ini juga tidak membahas mengenai posisi penempatan BTS karena data wilayah pemukiman yang tidak berhasil didapatkan.



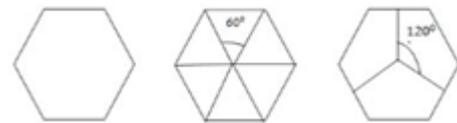
Gambar 1 Komponen BTS dan Cakupannya (Sumber: majupendidikanindonesia.blogspot.com)

BTS merupakan salah satu infrastruktur telekomunikasi yang bertugas memfasilitasi komunikasi nirkabel antara perangkat pengguna dan jaringan operator. Salah satu komponen BTS adalah antena sebagai *transceiver/ receiver* yang bertugas untuk menerima dan mengirimkan sinyal. Jangkauan sinyal yang masih dapat diterima dan dikirimkan oleh BTS dikenal sebagai sel. Pada umumnya bentuk sel tidak beraturan karena kondisi topografi bumi serta kekuatan sinyal dari pemancar. Namun untuk

memudahkan perhitungan sel, maka bentuk sel selalu dianggap heksagonal. Ukuran sel berdasarkan cakupan dibagi dalam beberapa jenis di antaranya pikosel yang memiliki jangkauan 30 m, mikrosel yang memiliki jangkauan hingga 1 km, dan makrosel yang memiliki jangkauan hingga 30 km.

Salah satu cara agar dapat menjangkau seluruh area maka dilakukan konfigurasi sel dengan melakukan pengarahannya (dapat dilihat pada Gambar 2), di antaranya:

1. *Omnidirectional* yaitu pemancaran sinyal ke segala arah. Namun kekurangan dari antena ini interferensi yang terjadi semakin besar.
2. *Sectoring 60°* di mana wilayah dibagi dalam enam daerah yang sama besar. Kelebihan metode ini interferensi semakin kecil namun *delay* propagasi semakin besar.
3. *Sectoring 120°* di mana wilayah dibagi dalam tiga daerah yang sama besar. Metode ini memungkinkan *delay* propagasi lebih kecil.



Gambar 2 Konfigurasi Antena

METODOLOGI PENELITIAN

Evaluasi dan perencanaan kebutuhan BTS diawali dengan studi literatur terhadap menara telekomunikasi, data penduduk serta kondisi topografi Kabupaten Nunukan. Setelah dilakukan studi literatur, kemudian dilakukan perhitungan terhadap jumlah kebutuhan *tower* di Kabupaten Nunukan. Adapun pada penelitian ini dilakukan dengan dua metode dalam perhitungan jumlah kebutuhan menara telekomunikasi yaitu perhitungan berdasarkan kebutuhan *traffic* dan perhitungan berdasarkan luas wilayah. Adapun langkah-langkah perhitungan jumlah kebutuhan menara telekomunikasi berdasarkan dengan kebutuhan *traffic*, sebagai berikut

1. Perhitungan prediksi jumlah penduduk yang akan datang. Persamaan untuk menghitung prediksi jumlah penduduk yaitu:

$$P_t = P_0(1 + r)^t \dots\dots\dots(1)$$

P_t = jumlah penduduk pada tahun ke t
 P_0 = jumlah penduduk awal
 r = laju pertumbuhan penduduk
 t = jumlah tahun dari 0 ke t

2. Perhitungan prediksi jumlah pengguna seluler di Kabupaten Nunukan. Perhitungan ini dapat dilakukan dengan mengetahui *teledensitas* seluler di wilayah Nunukan. *Teledensitas* seluler adalah jumlah telepon seluler per 100 orang di suatu daerah. Berdasarkan data Kementerian Komunikasi dan Informatika pada Tahun 2011, *teledensitas* seluler di wilayah Kalimantan sebesar 83,67%. Persamaan yang digunakan untuk perhitungan pengguna telepon seluler ini yaitu:

$$P = x\% \times P_t \dots \dots \dots (2)$$

P= jumlah pelanggan seluler
 x= *teledensitas* seluler
 P_t= jumlah penduduk pada tahun ke t

3. Perhitungan prediksi jumlah total *traffic* pelanggan. Jumlah total *traffic* pelanggan merupakan jumlah *traffic* pelanggan pada jam sibuk. Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung jumlah *traffic* pelanggan yaitu

$$T = P \times \beta \times 10^{-3} \dots \dots \dots (3)$$

T= Total *traffic* yang dibangkitkan pelanggan seluler (*Erlang*)
 P= Jumlah pelanggan seluler
 β =*Erlang* per pelanggan

4. *Erlang* merupakan satuan dari intensitas *traffic*. Suatu *traffic* dikatakan sebagai 1 *Erlang*, jika satu saluran digunakan secara terus menerus dalam periode pengamatan. Periode pengamatan biasanya diambil selama satu jam pada saat waktu sibuk. Satuan *erlang* sendiri didefinisikan sebagai persentase rata-rata penggunaan saluran telepon atau dapat juga berupa perbandingan waktu sebuah saluran digunakan (*volume traffic*) dengan waktu pengamatan. Adapun intensitas *traffic* dapat dihitung dengan persamaan

$$A = \frac{c \times h}{T} \dots \dots \dots (4)$$

A= Intensitas *traffic*
 c= jumlah panggilan
 h= lama panggilan
 T= periode pengamatan

Lama panggilan per jam sibuk ditentukan oleh kategori wilayah. Kabupaten Nunukan merupakan kabupaten yang memiliki daerah suburban dan daerah rural. Menurut Fauzi (2013), daerah suburban memiliki lama panggilan per jam sibuk setiap harinya yaitu selama dua menit. Sedangkan

untuk daerah rural, lama panggilan pada jam sibuk setiap harinya yaitu satu menit. Dengan persamaan (4), dapat diketahui intensitas *traffic* per pelanggan untuk daerah suburban yaitu sebesar 33,33 *mErlang*, sedangkan intensitas *traffic* per pelanggan untuk daerah urban sebesar 16,67 *mErlang*.

5. Prediksi kapasitas menara telekomunikasi (BTS) berdasarkan spesifikasi BTS. Pada penelitian ini BTS dikategorikan ke dalam dua jenis yaitu BTS mikro dan BTS makro. Hal ini dikarenakan di wilayah rural Kabupaten Nunukan lebih didominasi oleh BTS mikro. Adapun spesifikasi dari BTS mikro dan BTS makro terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Spesifikasi Teknis BTS

Parameter	Macro BTS	Micro BTS
Sektorisasi	1 dan 3	1 dan 3
Jumlah <i>carrier</i> maksimum	8/ sektor	2/sektor
Jumlah kanal <i>carrier</i> /sektor	35	22
BS <i>Power</i> Transmit	46 dBm	32 dBm
MS <i>Power</i> Transmit	33dBm	30 dBm
		(GSM 900)/ 36 dBm (GSM 1800)
Jangkauan	10-40 km	2 km
Pengguna	>200	200
Sensitifitas penerimaan BS	-107	-104

Sumber: Sustika (2010) & Hamalainen(2008)

Penentuan kapasitas BTS ini dengan mengacu pada tabel *Erlang B*. Tabel *Erlang B* memuat jumlah kapasitas BTS dengan penentuan nilai *Grade Of Service* (GOS) dan jumlah kanal yang digunakan. Besarnya jumlah kanal yang digunakan tergantung pada jenis BTS yaitu *microcell* maupun *macrocell*. Pada penelitian ini GOS diasumsikan sebesar 2%, yang berarti dalam 100 panggilan terdapat 2 panggilan yang tidak diteruskan.

6. Prediksi jumlah kebutuhan menara telekomunikasi berdasarkan kebutuhan *traffic* dan kapasitas BTS. Adapun persamaan yang digunakan yaitu

$$B = \frac{T}{A} \dots \dots \dots (5)$$

B= Jumlah BTS yang dibutuhkan
 T=Total *Traffic* yang dibangkitkan pelanggan
 A= Kapasitas BTS

Selain langkah di atas, perhitungan perencanaan kebutuhan BTS dalam penelitian ini juga dilakukan dengan mengetahui luas jangkauan menara telekomunikasi dan luas wilayah yang dijangkau (dalam hal ini wilayah kecamatan). Perhitungan pada metode ini hanya menggunakan perhitungan cakupan luas wilayah BTS makro karena BTS makro memiliki jangkauan yang lebih luas dibandingkan dengan BTS mikro. Adapun langkah-langkah yang digunakan dalam metode ini yaitu

1. Perhitungan propagasi/ *path loss* maksimum dengan menggunakan persamaan berikut

$$L_{pu} = P_{TX,MS} - P_{RX,BS} - \sum G_u - \sum L_u - \sum M_u \dots (6)$$

$$L_{pd} = P_{TX,BS} - P_{RX,MS} - \sum G_d - \sum L_d - \sum M_d \dots (7)$$

L_{pu} = *Path loss* pada *Uplink*

L_{pd} = *Path Loss* pada *downlink*

$P_{TX,MS}$ = Daya transmit MS

$P_{RX,BS}$ = BS Receiver Sensitivity

$\sum G_u$ = Total *Gain* pada *Uplink*

$\sum L_u$ = Total *Loss* pada *Uplink*

$\sum M_u$ = Total *Loss* pada *Uplink*

$P_{TX,BS}$ = Daya transmit BS

$P_{RX,MS}$ = MS Receiver Sensitivity

$\sum G_d$ = Total *Gain* pada *Downlink*

$\sum L_d$ = Total *Loss* pada *Downlink*

$\sum M_d$ = Total *Loss* pada *Downlink*

Tabel 2 Standar Parameter *Link Budget* BTS Makro PT Telkomsel GSM 900

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	Power BS	46,02	dBm
2	Power MS	30	dBm
3	Sensitivitas BS (Rth Antena Sektoral)	-107	dBm
4	Sensitivitas MS (Rth Antena Mobile)	-101	dBm
5	Gain BS	20	dBm
6	Gain MS	2	dB
7	Tinggi Antena MS	1,5	M
8	Frekuensi antena sektoral	945	Mhz
9	Loss Konektor BS	0,2	dB
10	Loss Body MS	0,2	dB

Sumber :Pinem,Mubarakah (2014)

Dalam perhitungan propagasi, dibutuhkan beberapa parameter *link budget*. Pada penelitian ini, parameter yang digunakan dalam perhitungan merupakan standar parameter *link budget* menara telekomunikasi PT Telkomsel. Hal ini dikarenakan hasil pengamatan yang dilakukan dengan *cellmapper*, menunjukkan bahwa Telkomsel menjadi penyedia layanan telekomunikasi yang

mendominasi di daerah rural maupun suburban Kabupaten Nunukan. Adapun beberapa parameter tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

2. Setelah dilakukan perhitungan *path loss* maksimum, maka dapat diketahui luas cakupan sel (Fauzi, 2013). Luas cakupan sel dapat dihitung dengan mengetahui jarak maksimum dari BTS ke MS. Untuk mengetahui jarak tersebut, maka digunakan model propagasi dalam perhitungannya. Kabupaten Nunukan sendiri merupakan kawasan yang terdiri dari banyak hutan dengan kondisi topografi yang dipenuhi medan berbukit. Oleh karena itu, dibutuhkan model propagasi yang sesuai untuk daerah ini. *Standford University Interim* (SUI) menjadi pilihan peneliti karena menyediakan berbagai kategori wilayah yang sesuai dengan kondisi topografi Kabupaten Nunukan. Model propagasi ini membagi wilayah dalam beberapa kategori (lihat Tabel 3).

Tabel 3 Kategori Wilayah Model Propagasi SUI

Kategori	Deskripsi	Tipe Propagasi	<i>Lognormal shadowing</i> (Db)
Tipe A	<i>Macrocell</i> , untuk medan berbukit dengan kepadatan pohon yang menengah hingga tinggi	<i>Line of Sight</i> (LOS)/ <i>Non Line of Sight</i> (NLOS)	10,6
Tipe B	<i>Macrocell</i> , untuk kondisi <i>path loss</i> menengah	LOS/NLOS	9,6
Tipe C	<i>Macrocell</i> , untuk medan datar dengan kepadatan pohon yang ringan	LOS/NLOS	8,2
Tipe D	<i>Macrocell</i> suburban	LOS	3,4
Tipe E	<i>Macrocell</i> , urban	NLOS	8
Tipe F	Urban/suburban	LOS/NLOS	2,3/3,1
Tipe G	Di dalam ruangan	LOS/NLOS	3,1/3,5
Tipe H	<i>Macrocell</i> urban	LOS	
Tipe J	<i>Outdoor</i> ke <i>Indoor</i>	NLOS	

Persamaan yang digunakan untuk menghitung jarak maksimum BS ke MS pada model SUI ini yaitu:

$$d = d'_0 10^{\left(\frac{PL-A-\Delta PL_{HT}-\Delta PL_F}{10\gamma}\right)} \dots\dots\dots(7)$$

$$A = 20 \text{ Log } \left(\frac{4d'_0}{\lambda}\right) \dots\dots\dots(8)$$

$$d'_0 = d_0 10^{-\left(\frac{\Delta PL_F + \Delta PL_{HT}}{10\gamma}\right)} \dots\dots\dots(9)$$

$$\gamma = a - bh_b + c/h_b \dots\dots\dots(10)$$

$$\Delta PL_F = 6 \text{ Log } \left(\frac{f}{2000}\right) \dots\dots\dots(11)$$

$$\Delta PL_{ht} = \begin{cases} -10 \text{ Log } \left(\frac{h_t}{3}\right), ht \leq 3 \\ -20 \text{ Log } \left(\frac{h_t}{3}\right), ht > 3 \end{cases} \dots\dots\dots(12)$$

D = jarak maksimal dari BTS ke MS (*mobile station*)

F = frekuensi pembawa

H_b= tinggi BS

H_t= tinggi MS

λ = panjang gelombang

Namun, pada perhitungan di atas belum diperhitungkan *lognormal shadowing*. Padahal *lognormal shadowing* umum digunakan dalam perhitungan *linkbudget* model propagasi lainnya. Selain itu, kondisi Kabupaten Nunukan yang berbukit serta masih banyak hutan membuat perhitungan *lognormal shadowing* tidak dapat diabaikan. Oleh karena itu, peneliti menambahkan parameter *lognormal shadowing* pada persamaan (7) menjadi

$$d = d'_0 10^{\left(\frac{PL-A-\Delta PL_{HT}-\Delta PL_F-s}{10\gamma}\right)} \dots\dots\dots(13)$$

Parameter a,b,c yang digunakan dalam persamaan (10) ditentukan berdasarkan kategori wilayah (lihat Tabel 3). Adapun nilai parameter tersebut terdapat pada Tabel 4.

Tabel 4 Parameter Model Propagasi SUI untuk Tipe A/B/C

Parameter	Tipe A	Tipe B	Tipe C
A	4,6	4	3,6
B	0,0075	0,0065	0,005
C	12,6	17,1	20

Setelah diketahui jarak maksimum dari BS ke MS maka dapat diketahui luas cakupan sel, baik untuk daerah rural maupun daerah suburban menggunakan persamaan berikut

$$A = \frac{3\sqrt{3}}{2} d^2 \dots\dots\dots(13)$$

A = luas cakupan sel

d = jarak terjauh dari pusat ke tepi sel

3. Perhitungan jumlah sel yang dibutuhkan melalui persamaan berikut

$$N_{BTS} = \frac{A_{wilayah}}{A_{sel}} \dots\dots\dots(14)$$

N_{BTS}= jumlah BTS

A_{wilayah}= luas cakupan wilayah

A_{SEL}= luas cakupan sel

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kabupaten Nunukan terdiri atas sembilan belas kecamatan. Posisi astronomis Kabupaten Nunukan adalah berada pada antara 1150 33' 00" sampai dengan 118°03' 55" Bujur Timur dan antara 3° 15' 00" sampai dengan 4° 24' 55" Lintang Utara. Nunukan merupakan wilayah paling utara dari Provinsi Kalimantan Utara. Kabupaten ini memiliki luas wilayah 14.247,50 km, dengan lima belas kecamatan yang terletak pada garis perbatasan antar Republik Indonesia dengan Negara Malaysia tepatnya Negara Bagian Sabah dan Serawak. Berdasarkan data yang diperoleh dari BPS (2017), Kabupaten Nunukan memiliki jumlah penduduk sebesar 175.888 jiwa pada Tahun 2017, yang tersebar pada 19 kecamatan (lihat pada Tabel 5).

Tabel 5 Laju Pertumbuhan Penduduk di Kabupaten Nunukan

Kecamatan	Jumlah Penduduk 2017	Laju Pertumbuhan Penduduk
Sebatik	6.126	0,003
Nunukan	58.022	-0,006
Sembakung	6.195	0,021
Lumbis	6.157	0,012
Krayan	3.355	-0,006
Sebuku	9.382	0,040
Krayan Selatan	1.354	0,036
Sebatik Barat	9.389	0,049
Nunukan Selatan	17.521	0,067
Sebatik Timur	13.110	0,086
Sebatik Utara	7.334	0,021
Sebatik Tengah	7.528	0,020
Sei Menggaris	9.169	0,028
Tulin Onsoi	8.177	0,046
Lumbis Ogong	5.080	-0,004
Sembakung Atulai	2.646	0,003
Krayan Tengah	1.199	0,037
Krayan Timur	1.399	-0,109
Krayan Barat	2.745	-0,106
Jumlah	175.888	0,020

Sumber: Disdukcapil Kabupaten Nunukan (2017)

Tabel 5 menunjukkan bahwa jumlah penduduk terbanyak yaitu berada pada Kecamatan Nunukan,

Nunukan Selatan, dan Sebatik Timur. Sedangkan kecamatan dengan laju pertumbuhan penduduk yang tinggi, berada pada Kecamatan Nunukan Selatan, Sebatik Timur dan Sebatik Barat. Pada Tabel 5 juga ditemukan bahwa pada beberapa kecamatan di Kabupaten Nunukan terjadi pengurangan jumlah penduduk yaitu pada Kecamatan Nunukan, Lumbis Ogong, Krayan Timur dan Krayan Barat. Walaupun mengalami penurunan jumlah penduduk, namun kecamatan Nunukan memiliki jumlah penduduk paling tinggi di Kabupaten Nunukan. Berdasarkan data tersebut, dapat diketahui bahwa laju pertumbuhan penduduk yang tinggi serta jumlah penduduk yang lebih banyak berada pada kawasan suburban di Kabupaten ini. Sedangkan daerah yang memiliki jumlah penduduk yang rendah dan laju pertumbuhan penduduk yang rendah berada pada wilayah dengan kategori rural. Adapun kategori wilayah kecamatan di Nunukan serta kategori pemukiman dengan model propagasi SUI dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Kategori Pemukiman dan Wilayah di Kabupaten Nunukan

Kecamatan	Kategori Pemukiman	Tipe Wilayah
Sebatik	C	Suburban
Nunukan	C	Suburban
Sembakung	A	Rural
Lumbis	A	Rural
Krayan	A	Rural
Sebuku	A	Rural
Krayan Selatan	A	Rural
Sebatik Barat	C	Suburban
Nunukan Selatan	C	Suburban
Sebatik Timur	C	Suburban
Sebatik Utara	C	Suburban
Sebatik Tengah	C	Suburban
Sei Menggaris	B	Rural
Tulin Onsoi	A	Rural
Lumbis Ogong	A	Rural
Sembakung Atulai	B	Rural
Krayan Tengah	A	Rural
Krayan Timur	A	Rural
Krayan Barat	A	Rural

Berdasarkan Tabel 6, Kabupaten Nunukan didominasi oleh wilayah rural. Wilayah rural di kabupaten ini kemudian dikategorikan dalam wilayah pemukiman model propagasi SUI yaitu kategori A dan kategori B. Kategori A menunjukkan bahwa wilayah pemukiman memiliki topografi daerah yang berbukit dengan kepadatan pohon menengah hingga tinggi, sedangkan kategori B merupakan wilayah dengan kepadatan pohon yang menengah. Selain

daerah rural, Kabupaten Nunukan juga memiliki wilayah dengan kategori suburban yang berada di Pulau Sebatik dan Pulau Nunukan. Pada wilayah ini, kategori pemukiman penduduk dianggap wilayah dengan kepadatan pohon yang ringan yaitu wilayah pemukiman model propagasi SUI dengan kategori C. Pembagian kategori wilayah pemukiman ini dimaksudkan untuk mengetahui luas jangkauan menara telekomunikasi dengan mempertimbangkan kondisi topografi wilayah. Selain itu, tipe wilayah juga akan menentukan prioritas penyedia jasa layanan telekomunikasi dalam membangun menara telekomunikasi. Adapun persebaran menara telekomunikasi di Kabupaten Nunukan berdasarkan kecamatan terlihat pada Tabel 7.

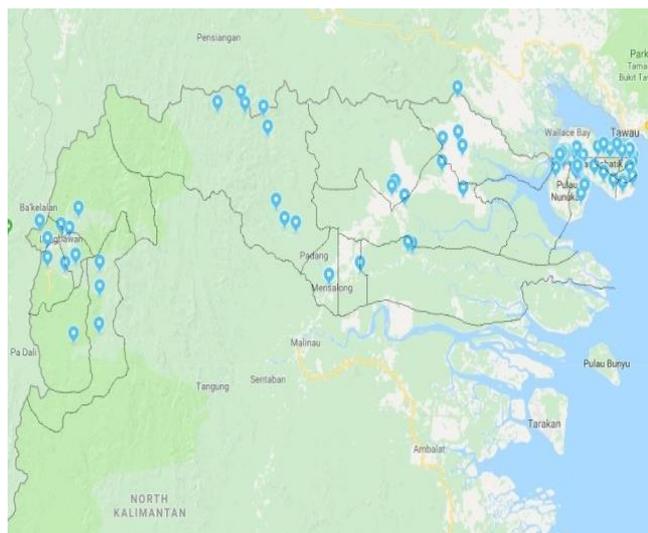
Tabel 7 Persebaran Menara Telekomunikasi di Kabupaten Nunukan

Kecamatan	Jumlah BTS
Sebatik	8
Nunukan	26
Sembakung	2
Lumbis	2
Krayan	4
Sebuku	3
Krayan Selatan	1
Sebatik Barat	5
Nunukan Selatan	10
Sebatik Timur	8
Sebatik Utara	4
Sebatik Tengah	6
Sei Menggaris	4
Tulin Onsoi	3
Lumbis Ogong	8
Sembakung Atulai	1
Krayan Tengah	2
Krayan Timur	2
Krayan Barat	3

Sumber: Diskominfotik Kabupaten Nunukan (2018)

Tabel 7 menunjukkan bahwa terdapat 104 BTS yang tersebar di 19 kecamatan. Berdasarkan tabel tersebut, juga dapat diketahui bahwa kecamatan dengan kategori suburban di Kabupaten Nunukan memiliki jumlah menara telekomunikasi yang lebih mendominasi dibandingkan dengan kawasan rural. Hal ini dikarenakan pembangunan di daerah rural hampir tidak memiliki nilai ekonomis bagi penyedia layanan. Selain itu, kondisi topografi dan ketersediaan pasokan listrik pada daerah rural di Kabupaten Nunukan menghambat pembangunan menara telekomunikasi. Oleh karena itu, pembangunan pada daerah ini umumnya dilakukan oleh pemerintah setempat maupun bekerja sama dengan Kementerian

Komunikasi dan Informatika (Kemkominfo), dalam hal ini Balai Penyedia dan Pembiayaan Telekomunikasi dan Informatika (BP3TI). BP3TI telah membangun dua puluh titik BTS yang merupakan salah satu program *Universal Service Obligation (USO)* di Kabupaten Nunukan. Selain itu, pembangunan menara telekomunikasi (lihat Tabel 5) juga dilakukan oleh berbagai perusahaan di antaranya PT Solo Sindo Kreasi Pratama, Telkomsel, Indosat, PT Tower Bersama, Mitra Tel, XL Axiata, Flexi, Protelindo, dan PT Solusi Menara Indonesia.



Gambar 3 Peta Persebaran Menara Telekomunikasi di Kabupaten Nunukan

Peta persebaran menara telekomunikasi yang telah dijabarkan di Tabel 7 terlihat pada Gambar 3. Pada Gambar 3 terlihat bahwa persebaran menara telekomunikasi di Kabupaten Nunukan terpusat pada Pulau Sebatik dan Pulau Nunukan. Hal ini dikarenakan jumlah penduduk di pulau tersebut lebih banyak dibandingkan dengan daerah lainnya. Selain itu, ke dua pulau ini merupakan kawasan suburban yang seluruh desanya telah dialiri listrik, sehingga memudahkan dalam memfasilitasi pembangunan menara telekomunikasi (BPS Kabupaten Nunukan, 2018)

Penelitian ini akan membahas mengenai kebutuhan menara telekomunikasi (BTS) yang dibutuhkan di Kabupaten Nunukan. Penentuan kebutuhan BTS dimulai dengan prediksi jumlah penduduk menggunakan persamaan (1), prediksi jumlah pengguna seluler menggunakan persamaan (2), dan prediksi jumlah kebutuhan *traffic* yang diperoleh dengan menggunakan persamaan (3). Adapun hasil yang diperoleh dari perhitungan tersebut, dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8 Prediksi Jumlah Pengguna Seluler dan Kebutuhan *Traffic* di Kabupaten Nunukan Tahun 2022

Kecamatan	Jumlah Penduduk 2022	Jumlah Pengguna Seluler	Jumlah kebutuhan <i>traffic</i>
Sebatik	6217	5201	173,36
Nunukan	56325	47127	1570,74
Sembakung	6877	5754	95,91
Lumbis	6527	5461	91,03
Krayan	3256	2725	45,42
Sebuk	11429	9563	159,41
Krayan Selatan	1614	1351	22,51
Sebatik Barat	11936	9986	332,85
Nunukan			
Selatan	24269	20306	676,79
Sebatik Timur	19822	16585	552,77
Sebatik Utara	8152	6821	227,35
Sebatik Tengah	8302	6946	231,51
Sei Menggaris	10521	8803	146,75
Tulin Onsoi	10240	8568	142,82
Lumbis Ogong	4971	4159	69,34
Sembakung			
Atulai	2686	2248	37,47
Krayan Tengah	1438	1203	20,06
Krayan Timur	788	659	10,99
Krayan Barat	1564	1309	21,81
Jumlah	194.215	162500	

Untuk mengetahui jumlah kebutuhan BTS, maka perlu diketahui kapasitas BTS. Penentuan kapasitas BTS didasarkan pada Tabel *Erlang B* dengan mengasumsikan nilai GOS sebesar 2%. Adapun kapasitas BTS mikro dan BTS makro dengan spesifikasi antena *omnidirectional* dan tiga sektor serta jumlah *carrier* dibatasi maksimal dua dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9 Perhitungan *Path Loss*, Jarak dan Luas Cakupan Sel Berdasarkan Kategori Wilayah

Kategori wilayah	Tinggi BS (m)	<i>Path Loss</i> (Db)	D (jarak maksimum dalam km)	Luas cakupan sel (km ²)
A	32	152,06	4,33	48,66
	40	151,8	4,79	59,55
	55	151,35	5,57	80,61
	72	150,84	6,44	107,89
B	32	153,06	7	127,33
	40	152,8	8,12	171,41
	55	152,35	10,06	263,02
C	72	153,06	13,17	450,75
	32	154,46	10,8	303,05
	40	154,2	12,98	437,89
	55	153,75	16,71	725,86
	72	153,24	20,77	1120,45

Tabel 10 Jumlah Kebutuhan BTS per Kecamatan berdasarkan Kebutuhan *Traffic*

Kecamatan	Jenis BTS	Tipe Antena	Jumlah kebutuhan <i>traffic</i>	Jumlah BTS	
				<i>Carrier 1</i>	<i>Carrier 2</i>
Sebatik	Macro	<i>Omnidirectional</i>	173,36	7	3
		3 Sektor		2	1
	Micro	<i>Omnidirectional</i>		12	5
Nunukan	Macro	<i>Omnidirectional</i>	1570,74	4	2
		3 Sektor		60	27
	Micro	<i>Omnidirectional</i>		106	46
Sembakung	Macro	<i>Omnidirectional</i>	95,91	29	14
		3 Sektor		4	2
	Micro	<i>Omnidirectional</i>		7	3
Lumbis	Macro	<i>Omnidirectional</i>	91,03	2	1
		3 Sektor		4	2
	Micro	<i>Omnidirectional</i>		1	1
Krayan	Macro	<i>Omnidirectional</i>	45,42	7	3
		3 Sektor		2	1
	Micro	<i>Omnidirectional</i>		1	1
Sebuku	Macro	<i>Omnidirectional</i>	159,41	4	2
		3 Sektor		1	1
	Micro	<i>Omnidirectional</i>		7	3
Krayan Selatan	Macro	<i>Omnidirectional</i>	22,51	2	1
		3 Sektor		1	1
	Micro	<i>Omnidirectional</i>		2	1
Sebatik Barat	Macro	<i>Omnidirectional</i>	332,85	1	1
		3 Sektor		13	6
	Micro	<i>Omnidirectional</i>		4	2
Nunukan selatan	Macro	<i>Omnidirectional</i>	676,79	23	10
		3 Sektor		7	3
	Micro	<i>Omnidirectional</i>		26	12
Sebatik Timur	Macro	<i>Omnidirectional</i>	552,77	8	4
		3 Sektor		46	20
	Micro	<i>Omnidirectional</i>		13	6
Sebatik Utara	Macro	<i>Omnidirectional</i>	227,35	21	10
		3 Sektor		6	3
	Micro	<i>Omnidirectional</i>		10	5
Sebatik Tengah	Macro	<i>Omnidirectional</i>	231,51	9	4
		3 Sektor		3	2
	Micro	<i>Omnidirectional</i>		16	7
Sei Menggaris	Macro	<i>Omnidirectional</i>	146,75	5	2
		3 Sektor		6	3
	Micro	<i>Omnidirectional</i>		2	1
Tulin Onsoi	Macro	<i>Omnidirectional</i>	142,82	10	5
		3 Sektor		3	2
	Micro	<i>Omnidirectional</i>		6	3
Lumbis Ogong	Macro	<i>Omnidirectional</i>	69,34	2	1
		3 Sektor		10	5
	Micro	<i>Omnidirectional</i>		3	2
Sembakung Atulai	Macro	<i>Omnidirectional</i>	37,47	3	2
		3 Sektor		1	1
	Micro	<i>Omnidirectional</i>		5	2
Krayan Timur	Macro	<i>Omnidirectional</i>	20,06	2	1
		3 Sektor		1	1
	Micro	<i>Omnidirectional</i>		3	2
Krayan Tengah	Macro	<i>Omnidirectional</i>	10,99	1	1
		3 Sektor		1	1
	Micro	<i>Omnidirectional</i>		1	1
Krayan Barat	Macro	<i>Omnidirectional</i>	21,81	1	1
		3 Sektor		1	1
	Micro	<i>Omnidirectional</i>		2	1
		3 Sektor		1	1

Pada Tabel 9 dapat dilihat bahwa BTS makro memiliki kapasitas lebih besar dibandingkan dengan BTS mikro untuk spesifikasi jenis antena dan jumlah *carrier* yang sama. Tabel 9 juga menunjukkan bahwa semakin banyak antena yang digunakan dan jumlah *carrier* yang digunakan maka kapasitas BTS akan semakin besar. Setelah mengetahui kapasitas BTS, maka dilakukan perhitungan jumlah kebutuhan BTS menggunakan persamaan (5). Adapun jumlah kebutuhan BTS yang sebaiknya dipenuhi untuk tiap kecamatan terlihat pada Tabel 10.

Berdasarkan Tabel 10, dapat diketahui bahwa Kecamatan Nunukan membutuhkan jumlah BTS yang lebih banyak dibandingkan dengan daerah lainnya. Kecamatan Nunukan membutuhkan BTS makro dengan spesifikasi antena *omnidirectional* dengan jumlah *carrier* satu sebanyak 60 BTS atau untuk spesifikasi antena *omnidirectional* dengan jumlah *carrier* dua hanya membutuhkan 27 BTS. Sedangkan untuk pembangunan BTS mikro, dibutuhkan hingga mencapai 106 BTS mikro dengan spesifikasi antena *omnidirectional* dan jumlah *carrier* satu atau dibutuhkan sejumlah 46 BTS mikro dengan spesifikasi antena *omnidirectional* dan jumlah *carrier* dua. Hal ini dikarenakan kapasitas BTS mikro yang lebih kecil dibandingkan BTS makro (lihat Tabel 10). Semakin kecil kapasitas BTS, maka semakin banyak kebutuhan BTS yang harus dipenuhi oleh penyedia layanan agar dapat menjangkau kebutuhan *traffic* masyarakat.

Selain menggunakan metode perhitungan kebutuhan *traffic* dan kapasitas BTS, perhitungan kebutuhan BTS juga dapat dilakukan dengan mempertimbangkan luas wilayah serta luas cakupan sel. Penelitian ini menggunakan model propagasi SUI dalam menghitung jarak maksimum cakupan sel. Berdasarkan hasil perhitungan maka didapatkan nilai *path loss*, jarak dan luas cakupan sel yang ditampilkan pada Tabel 11.

Pada Tabel 11, Kabupaten Nunukan dibagi dalam tiga kategori wilayah sesuai dengan kategori wilayah model propagasi SUI, yaitu kategori A, B, dan C. Dalam penelitian ini, diasumsikan daerah suburban berada di kategori C, sedangkan untuk daerah rural berada di kategori A dan B. Jenis kategori wilayah ini akan memengaruhi *shadow fading* yang juga akan berpengaruh pada *pathloss*. Selain kategori wilayah, tinggi antena juga akan memengaruhi *pathloss* hingga jarak maksimum dari BTS ke MS. Tabel 11 juga menunjukkan bahwa semakin rendah kepadatan

pohon di suatu wilayah pemukiman, maka semakin besar luas cakupan sel dari menara telekomunikasi. Selain itu, juga dapat dilihat bahwa semakin tinggi BTS maka semakin luas cakupan sel dari menara telekomunikasi tersebut.

Tabel 11 Perhitungan *Path Loss*, Jarak dan Luas Cakupan Sel Berdasarkan Kategori Wilayah

Kategori wilayah	Tinggi BS (m)	<i>Path Loss</i> (Db)	D maksimum (jarak dalam km)	Luas cakupan sel (km ²)
A	32	152,06	4,33	48,66
	40	151,8	4,79	59,55
	55	151,35	5,57	80,61
	72	150,84	6,44	107,89
B	32	153,06	7	127,33
	40	152,8	8,12	171,41
	55	152,35	10,06	263,02
C	72	153,06	13,17	450,75
	32	154,46	10,8	303,05
	40	154,2	12,98	437,89
	55	153,75	16,71	725,86
	72	153,24	20,77	1120,45

Perhitungan jumlah kebutuhan BTS berdasarkan luas cakupan sel dihitung dengan menggunakan persamaan (15) yang terlihat pada Tabel 12.

Tabel 12 Jumlah BTS yang Dibutuhkan Berdasarkan Luas Cakupan Sel

Kecamatan	Luas Wilayah	Jumlah BTS Berdasarkan Luas Cakupan Sel			
		32m	40 m	55m	72m
Sebatik	51,07	1	1	1	1
Sebatik Barat	93,27	1	1	1	1
Sebatik Timur	39,17	1	1	1	1
Sebatik Utara	15,39	1	1	1	1
Sebatik Tengah	47,71	1	1	1	1
Nunukan	564,50	1	1	1	1
Nunukan selatan	181,77	1	1	1	1
Sembakung	1.764,94	37	30	22	17
Lumbis	290,23	6	5	4	3
Krayan	254,35	6	5	4	3
Krayan Selatan	760,24	16	13	10	8
Sei Menggaris	850,48	7	5	4	2
Tulin Onsoi	1513,36	32	26	19	1
Lumbis	3357,01	69	57	42	32
Ogong Sembakung	277,72	3	2	2	1
Atulai					
Krayan Tengah	997,42	21	17	13	10
Krayan Timur	1273,17	27	22	16	12
Krayan Barat	307,22	7	6	4	3
Sebuku	1608,48	34	28	20	15

Tabel 12 menunjukkan bahwa semakin luas daerah, maka semakin besar kebutuhan BTS. Selain

itu, juga dapat dilihat bahwa semakin rendahnya ketinggian BTS maka semakin besar jumlah kebutuhan BTS dalam suatu wilayah. Pada Tabel 12, kecamatan yang membutuhkan jumlah BTS terbanyak yaitu Kecamatan Lumbis Ogong, sedangkan untuk Pulau Nunukan dan Pulau Sebatik jumlah BTS yang dibutuhkan hanya satu untuk setiap kecamatannya. Hal ini dikarenakan luas wilayah kecamatan di pulau tersebut kecil sehingga dapat dijangkau dengan hanya menggunakan satu buah BTS tiap kecamatan.

Jumlah kebutuhan BTS berdasarkan kebutuhan *traffic* (lihat Tabel 10) dan luas cakupan sel (lihat Tabel 12) terlihat berbeda. Kondisi geografis Kabupaten Nunukan yang masih didominasi oleh wilayah hutan menyebabkan pendekatan kebutuhan BTS berdasarkan luas cakupan sel dan luas wilayah menjadi tidak diprioritaskan. Hal ini karena tidak seluruh wilayah di kecamatan tersebut merupakan pemukiman, sehingga BTS di wilayah tersebut belum memiliki fungsi penting dalam komunikasi. Selain

itu, pada Tabel 12 dapat dilihat untuk daerah suburban seperti Sebatik dan Nunukan hanya membutuhkan satu buah BTS di setiap kecamatan, padahal kebutuhan *traffic* telekomunikasi yang tinggi di wilayah tersebut tidak dapat dipenuhi oleh satu BTS. Hal yang berbeda terdapat pada Kecamatan Tulin Onsoi, Lumbis Ogong, Sebuku, Sembakung. Wilayah yang disebutkan tersebut memiliki kebutuhan BTS yang tinggi berdasarkan luas wilayah, namun jika dilihat berdasarkan kebutuhan *traffic*, jumlah BTS yang dibutuhkan masih sedikit. Jumlah BTS berdasarkan luas cakupan sel ini akan dapat dimanfaatkan dengan baik jika persebaran pemukiman penduduk merata di seluruh wilayah kecamatan.

Adapun jumlah BTS yang masih harus dipenuhi berdasarkan kebutuhan *traffic* terlihat pada Tabel 13. Jumlah BTS pada Tabel 13 merupakan hasil dari pembagian kapasitas BTS yang kurang dengan kapasitas BTS dengan spesifikasi yang berbeda.

Tabel 13 BTS yang harus Dipenuhi Berdasarkan Kebutuhan *Traffic*

Kecamatan	Jumlah BTS saat ini	Jumlah BTS yang harus Dipenuhi Berdasarkan Kebutuhan <i>Traffic</i> hingga Tahun 2022							
		Makro (<i>omni</i> , <i>carrier</i> 1)	Makro (<i>omni</i> , <i>carrier</i> 2)	Makro (3 sektor, <i>carrier</i> 1)	Makro (3 sektor, <i>carrier</i> 2)	Mikro (<i>omni</i> , <i>carrier</i> 1)	Mikro (<i>omni</i> , <i>carrier</i> 2)	Mikro (3 sektor, <i>carrier</i> 1)	Mikro (3 sektor, <i>carrier</i> 2)
Sebatik	8	v	v	v	v	-4	V	v	v
Sebatik Barat	5	-8	-1	v	v	-18	-5	-2	v
Sebatik Timur	8	-13	-2	v	v	-20	-8	-2	v
Sebatik Utara	4	-5	v	v	v	-12	-3	-1	v
Sebatik Tengah	6	-3	v	v	v	-10	-1	v	v
Nunukan	26	-34	-1	v	v	-80	-20	-3	v
Nunukan selatan	10	-16	-2	v	v	-36	-10	-3	v
Sembakung	2	-2	v	v	v	-5	-1	v	v
Lumbis	2	-2	v	v	v	-5	-1	v	v
Krayan	4	v	v	v	v	v	v	v	v
Krayan Selatan	1	v	v	v	v	-1	v	v	v
Sei Menggaris	4	-2	v	v	v	-6	-1	v	v
Tulin Onsoi	3	-3	v	v	v	-7	-2	v	v
Lumbis Ogong	8	v	v	v	v	v	v	v	v
Sembakung Atulai	1	-1	v	v	v	-2	-1	v	v
Krayan Tengah	2	v	v	v	v	v	v	v	v
Krayan Timur	2	v	v	v	v	v	v	v	v
Krayan Barat	3	v	v	v	v	v	v	v	v
Sebuku	3	-4	v	v	v	-7	-2	v	v
Jumlah		-93	-6			-213	-55	-11	

Keterangan: v=Jumlah BTS sudah terpenuhi

Tabel 13 menunjukkan jumlah BTS yang harus dipenuhi untuk masing-masing kecamatan dengan diasumsikan semua BTS yang telah dibangun memiliki spesifikasi yang sama dengan spesifikasi

BTS yang harus dipenuhi oleh penyedia layanan. Jika diasumsikan semua BTS yang telah dibangun merupakan BTS makro dengan spesifikasi antena *omnidirectional* dan jumlah *carrier* satu, maka

dibutuhkan penambahan 93 BTS dengan spesifikasi yang sama untuk memenuhi kebutuhan *traffic* hingga tahun 2022 untuk semua wilayah kecamatan di seluruh wilayah kecamatan, kecuali kecamatan Krayan, Krayan Timur, Krayan Tengah, Lumbis Ogong dan Krayan Barat. Sedangkan, jika diasumsikan semua BTS yang telah dibangun merupakan BTS makro dengan spesifikasi antena *omnidirectional* dan jumlah *carrier* dua, maka dibutuhkan penambahan 6 BTS dengan spesifikasi yang sama untuk memenuhi kebutuhan *traffic* hingga tahun 2022 di wilayah Sebatik Barat, Sebatik Timur, Nunukan dan Nunukan Selatan. Lainnya, jika diasumsikan semua BTS yang telah dibangun merupakan BTS mikro dengan spesifikasi antena *omnidirectional* dan jumlah *carrier* satu, maka dibutuhkan penambahan 213 BTS dengan spesifikasi yang sama untuk memenuhi kebutuhan *traffic* hingga tahun 2022 di seluruh wilayah kecamatan kecuali Kecamatan Krayan, Krayan Timur, Krayan Tengah, Lumbis Ogong dan Krayan Barat. Tabel 13 juga menunjukkan bahwa jika diasumsikan semua BTS yang telah dibangun merupakan BTS mikro dengan spesifikasi antena *omnidirectional* dan jumlah *carrier* dua, maka dibutuhkan penambahan 55 BTS dengan spesifikasi yang sama untuk memenuhi kebutuhan *traffic* hingga tahun 2022 untuk seluruh wilayah kecamatan kecuali Kecamatan Sebatik, Krayan, Krayan Selatan, Krayan Tengah, Krayan Timur, Lumbis Ogong dan Krayan Barat. Selain itu, pada Tabel 13 juga dapat dilihat bahwa jika diasumsikan semua BTS yang telah dibangun merupakan BTS mikro dengan spesifikasi antena tiga sektor dan jumlah *carrier* satu, maka dibutuhkan penambahan sebelas BTS dengan spesifikasi yang sama untuk memenuhi kebutuhan *traffic* hingga tahun 2022 hanya pada wilayah Kecamatan Sebatik Barat Sebatik Timur, Sebatik Utara, Nunukan dan Nunukan Selatan. Jika dilihat dari seluruh kecamatan di kabupaten ini, jumlah BTS yang tercatat hingga saat ini dapat memenuhi kebutuhan *traffic* hingga tahun 2022 jika diasumsikan semua BTS yang telah dibangun merupakan BTS makro dengan spesifikasi antena tiga sektor dengan jumlah *carrier* satu maupun dua, atau BTS mikro dengan spesifikasi antena tiga sektor dengan jumlah *carrier* dua.

Berdasarkan data tersebut, dapat diketahui bahwa terdapat lima kecamatan yang sudah memenuhi kebutuhan *traffic* hingga tahun 2022 yaitu, Kecamatan Krayan, Krayan Timur, Krayan Tengah, Krayan Barat

dan Lumbis Ogong. Sedangkan pada Kecamatan Sebatik, jumlah BTS yang ada tidak dapat memenuhi kebutuhan *traffic* jika diasumsikan bahwa semua BTS yang dibangun merupakan BTS mikro dengan spesifikasi antena *omnidirectional* dan jumlah *carrier* satu. Sedangkan untuk wilayah-wilayah dengan kepadatan *traffic* tinggi, seperti Sebatik Barat, Sebatik Timur, Nunukan, dan Nunukan Selatan, belum dapat terpenuhi kebutuhan *traffic*-nya jika diasumsikan semua BTS yang dibangun merupakan BTS makro dengan antena *omnidirectional* dan jumlah *carrier* dua. Wilayah-wilayah tersebut dan Sebatik Utara juga memerlukan penambahan BTS jika diasumsikan semua BTS yang dibangun merupakan BTS mikro dengan tiga antena sektoral dan jumlah *carrier* satu. Sedangkan untuk kecamatan lainnya, dapat dilihat pada Tabel 13, jumlah penambahan BTS dengan spesifikasi yang sama dibutuhkan semakin besar jika diasumsikan semua BTS mikro dengan spesifikasi antena *omnidirectional* dan jumlah *carrier* satu atau jumlah BTS yang dibutuhkan lebih kecil untuk BTS makro dengan spesifikasi antena *omnidirectional* dan jumlah *carrier* dua. Selain dengan memenuhi kebutuhan BTS pada wilayah kecamatan sesuai dengan spesifikasi, kebutuhan *traffic* juga dapat dipenuhi dengan penambahan kapasitas baik berupa penambahan *carrier* maupun penambahan perangkat antena pada BTS yang telah dibangun, atau dapat juga dengan menambahkan BTS dengan spesifikasi yang berbeda namun memiliki kapasitas yang sama, seperti kapasitas BTS yang terdapat pada Tabel 13.

KESIMPULAN

Jumlah BTS di Kabupaetn Nunukan yang tercatat hingga saat ini berjumlah 102 buah. Jumlah ini dapat memenuhi kebutuhan BTS untuk setiap kecamatan jika diasumsikan semua BTS yang telah dibangun merupakan BTS makro dengan spesifikasi tiga antena sektoral dan jumlah *carrier* satu dan dua, atau diasumsikan semua BTS yang dibangun merupakan BTS mikro dengan spesifikasi tiga antena sektoral dan jumlah *carrier* dua.

Beberapa wilayah seperti Kecamatan Krayan, Krayan Tengah, Krayan Timur, Krayan Barat dan Lumbis Ogong tidak membutuhkan penambahan BTS dalam memenuhi kebutuhan *traffic* hingga tahun 2022.

Jika diasumsikan semua BTS yang dibangun merupakan BTS makro dengan spesifikasi antena *omnidirectional* dan jumlah *carrier* satu maka dibutuhkan penambahan BTS dengan spesifikasi yang sama sebanyak 93 BTS tersebar di seluruh kecamatan di Kabupaten Nunukan, kecuali untuk Kecamatan Krayan, Krayan Selatan, Krayan Tengah, Krayan Timur, Krayan Barat dan Lumbis Ogong. Jika diasumsikan semua BTS yang dibangun merupakan BTS mikro dengan spesifikasi antena *omnidirectional* dan jumlah *carrier* satu, maka dibutuhkan penambahan BTS dengan spesifikasi yang sama sejumlah 213 BTS tersebar di seluruh kecamatan di Kabupaten Nunukan, kecuali untuk Kecamatan Krayan, Krayan Tengah, Krayan Timur, Krayan Barat dan Lumbis Ogong. Jika diasumsikan semua BTS yang telah dibangun merupakan BTS makro dengan spesifikasi antena *omnidirectional* dan jumlah *carrier* dua, maka perlu dilakukan penambahan enam buah BTS dengan spesifikasi yang sama pada wilayah Sebatik Barat, Sebatik Timur, Nunukan dan Nunukan Selatan.

Jika diasumsikan semua BTS yang telah dibangun merupakan BTS mikro dengan antena *omnidirectional* dan jumlah *carrier* dua, maka dibutuhkan penambahan 55 buah BTS dengan spesifikasi yang sama untuk seluruh wilayah kecamatan kecuali Kecamatan Sebatik, Sebatik, Krayan, Krayan Selatan, Krayan Tengah, Krayan Timur, dan Krayan Barat.

Jika diasumsikan semua BTS yang telah dibangun merupakan BTS mikro dengan spesifikasi antena tiga sektor dan jumlah *carrier* satu, dibutuhkan penambahan BTS dengan spesifikasi tersebut sebanyak sebelas buah pada wilayah kecamatan Sebatik Barat Sebatik Timur, Sebatik Utara, Nunukan dan Nunukan Selatan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penelitian ini, khususnya pihak Diskominfo Kabupaten Nunukan yang telah memberikan banyak bantuan berupa data dan informasi terkait kebutuhan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- A.G Palilu, I.Pratomo. (2014). Studi Awal Perencanaan Jumlah Kebutuhan BTS dalam Penerapan Menara Bersama Telekomunikasi di Kota Palangka Raya. Buletin Pos dan Telekomunikasi, 12(4), 269 -- 278.
- APJII.(2017). . Infografis Penetrasi dan Perilaku Pengguna Internet. Indonesia
- BPS Kabupaten Nunukan (2018). Kabupaten Nunukan dalam Angka 2018. Nunukan: BPS Kabupaten Nunukan.
- Fauzi, A. (2013). Perencanaan Kebutuhan *Base Transceiver Station* (BTS) dan Optimasi Penempatan Menara Bersama Telekomunikasi.
- Hamalainen, Jyri. (2008). Cellular Network Planning and Optimization Part V: GSM. Finland: Helsinki University of Technology.
- Junaidi, M. Hasan. (2015). Analisis Pembangunan Bts Dan Perencanaan Zona Persebaran Bts Bersama Di Kabupaten Sampang. Jurnal Teknik Sipil Untag Surabaya, 8(2),217--233.
- Mahmuddin, Rizal. (2017, 22 Desember). Buka Isolasi Komunikasi, Indosat Bangun 63 BTS di Perbatasan. Diakses dari <https://akurat.co/id-98201-read-buka-isolasi-komunikasi-indosat-bangun-63-bts-di-perbatasan>.
- N.Ismail, Maharoni, I. Lindra. (2015). Analisis Perencanaan Pembangunan Bts (*Base Transceiver Station*) Berdasarkan Faktor Kelengkungan Bumi Dan Daerah Fresnel Di Regional Project Sumatera Bagian Selatan. Istek,9 (1),104--121
- Pinem, K.K .Mubarakah, Naemah. (2014). Analisis *Link Budget* Pada Pembangunan Bts *Rooftop* Cemara IV Sistem Telekomunikasi Seluler Berbasis Gsm. Singuda Ensikom, 9(3),144--148.
- Ponge,Aldi. (2017, 6 Juli). Kesulitan Akses Jaringan Interner, Begini Cerita Perjuangan Siswa “Berburu” Wifi di Perbatasan. TribunManado.co.id. Diakses dari <http://manado.tribunnews.com/2017/07/06/kesulitan-akses-jaringan-internet-begini-cerita-perjuangan-siswa-berburu-wifi-di-perbatasan?>
- Presiden Republik Indonesia .(2003). Instruksi Presiden No3 Tahun 2003 tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengembangan *e-Government*.
- Senarath, W. Tong et.al.(2007). *Multi-hop Relay System Evaluation Methodology (Channel Model and Performance Metric)*”. IEEE 802.16j-06/013r3.
- Sustika,Rika. (2010). Analisis Aspek-Aspek Perencanaan BTS pada Sistem Telekomunikasi Selular Berbasis CDMA. INKOM, I-31-I-38.

Halaman ini sengaja dikosongkan