Evaluasi Dan Perencanaan Jumlah Kebutuhan *Base* *Tranceiver Station* (BTS) di Kabupaten Nunukan

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

*Blind review*

 **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 terpenuhimya jangkauan maupun kapasitas menara telekomunikasi/ *Base* *Tranceiver 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 trafik. Hasil yang diperoleh yaitu jumlah BTS yang tercatat hingga saat ini mampu memenuhi kebutuhan trafik jika diasumsikan semua BTS yang telah dibangun merupakan BTS makro dengan dengan spesifikasi antena 3 sektor dengan jumlah *carrier*  1 maupun 2, atau BTS mikro dengan spesifikasi antena 3 sektor dengan jumlah *carrier*  2. 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**: layanan publik, *Base* *Tranceiver Station* (BTS), Standford University Interim (SUI), kebutuhan trafik

***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.*

***Key word****: public service, Base Tranceiver Station (BTS), 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 Indonesia kemudian mengeluarkan Instruksi Presiden No3 Tahun 2003, mengenai Kebijakan dan Strategi Nasional Pengembangan *e-Government*. Instruksi presiden ini menjelaskan bahwa pemerintah diharuskan berupaya untuk menyelenggarakan kepemerintahan secara elektronis, baik dalam pengolahan data, informasi maupun proses kerja, serta dalam penyediaan layanan publik yang dapat dijangkau masyarakat dengan mudah dan murah. Dengan demikian, dapat diketahui bahwa *e-Government* sendiri tidak hanya melibatkan pemerintah di dalam penerapannya, namun juga melibatkan masyarakat maupun Badan Usaha, sebagai pihak-pihak yang dilayani oleh pemerintah. Keterlibatan masyarakat, sebagai penerima layanan publik dari pemerintah, 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 meyediakan 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). Hasil survey yang sama juga menunjukkan bahwa kepemilikan telepon pintar/tablet di daerah urban sebesar 70,96 % lebih tinggi dibandingkan daerah rural-urban sebesar 45,42%. Sedangkan kepemilikian telepon pintar/ tablet di daerah rural-urban lebih tinggi dibandingkan daerah urban yaitu sebesar 42,06%. Demikian juga dengan pengguna internet, pengguna internet di daerah rural sebesar 72,41 % lebih besar dibandingkan dengan daerah rural-urban sebesar 49,49%. Sedangkan untuk pengguna internet di daerah urban sebesar 48,25% lebih kecil dibandingkan dengan daerah rural-urban. Salah satu faktor yang dapat menyebabkan terjadinya ketimpangan (kesenjangan digital) ,dalam jumlah pengguna perangkat seperti telepon pintar/tablet dan jumlah pengguna internet di daerah rural maupuun urban, adalah kurangnya fasilitas infrastruktur telekomunikasi di daerah rural dibandingkan urban. Salah satu infrastruktur yang vital dalam jaringan telekomunikasi tersebut yaitu menara telekomunikasi. Ketiadaan menara telekomunikasi pada daerah tertentu dapat menghambat pengiriman informasi melalui sistem kawat, optik, radio, atau sistem elektromagnetik lainnya pada daerah tersebut. Hal ini akan berdampak pada terhambatnya penerapan *e-Government*  terutama dalam hal layanan publik. Oleh karena itu, pembangunan menara telekomunikasi harus mampu menjangkau seluruh masyarakat agar layanan publik secara *online*  dapat berjalan dengan baik.

Nunukan merupakan salah satu kabupaten dengan kondisi rural-urban yang terdiri dari beberapa pulau. Penerapan *e-Government*  secara tepat dapat menjadi salah satu solusi bagi pemerintah kabupaten Nunukan untuk menjangkau masyarakat terutama dalam hal layanan publik secara *online*. Sebagai salah satu daerah terluar di Indonesia, pemerintah kabupaten Nunukan juga memiliki tantangan sendiri terkait dengan pembangunan konektivitas dalam wilayah pemerintahannya. Walaupun tercatat memiliki 102 menara telekomunikasi di kabupaten Nunukan, namun masyarakat masih sulit mendapatkan akses telekomunikasi, terutama internet. Bahkan layanan yang disediakan oleh operator seluler masih sulit diakses, padahal biaya yang digunakan untuk pembelian paket data juga tidak tergolong murah. Hal ini salah satunya disebabkan oleh jumlah menara telekomunikasi yang ada memang belum mampu memenuhi kebutuhan trafik 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 trafik dan luas cakupan wilayah.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah 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 3 sektor serta jumlah *carrier*  dibatasi sejumlah 2 untuk penggunaan BTS makro.

**METODOLOGI PENELITIAN**

Evaluasi dan perencanaan kebutuhan BTS diawali dengan studi literarur 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 2 metode dalam perhitungan jumlah kebutuhan menara telekomunikasi yaitu perhitungan berdasarkan kebutuhan trafik dan perhitungan berdasarkan luas wilayah. Adapun langkah-langkah perhitungan jumlah kebutuhan menara telekomunikasi berdasarkan dengan kebutuhan trafik, sebagai berikut

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

$P\_{t}=P\_{0}(1+r)^{t}$.........................................(1)

Pt = jumlah penduduk pada tahun ke t

P0= 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

$P=x\% ×P\_{t}$............................................(2)

P= jumlah pelanggan seluler

x= teledensitas seluler

Pt = jumlah penduduk pada tahun ke t

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

$$T=P ×β ×10^{-3}……………………..(3)$$

T= Total trafik yang dibangkitkan pelanggan seluler (Erlang)

P= Jumlah pelanggan seluler

β =Erlang per pelanggan

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

$$A= \frac{c×h}{T}………………………………..\left(4\right)$$

A= Intensitas trafik

c= jumlah panggilan

h= lama panggilan

T= periode pengamatan

Lama panggilan per jam sibuk ditentukan oleh kategori wilayah. Kabupaten Nunukan merupakan kabupaten memiliki daerah sub urban dan daerah rural. Menurut Fauzi ( 2013), daerah sub urban memiliki lama panggilan per jam sibuk setiap harinya yaitu selama 2 menit. Sedangkan untuk daerah rural, lama panggilan pada jam sibuk setiap harinya yaitu 1 menit. Dengan persamaan (4), dapat diketahui intensitas trafik per pelanggan untuk daerah sub urban yaitu sebesar 33,33 mErlang, sedangkan intensitas trafik per pelanggan untuk daerah urban sebesar 16,67 mErlang.

5.Predikasi kapasitas menara telekomunikasi (BTS) berdasarkan spesifikasi BTS yang mengacu pada Tabel Erlang B. Pada penelitian ini BTS dikategorikan ke dalam 2 jenis yaitu BTS mikrodan BTS makro*.* Hal ini dikarenakan di wilayah rural kabupaten Nunukan lebih didominasi oleh BTS mikroAdapun spesifikasi dari BTS mikrodan BTS makro dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1** Spesifikasi Teknis BTS

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Parameter | Macro BTS | Micro BTS |
| Sektorisasi | 1 dan 3 | 1 dan 3 |
| Jumlah carrier maksimum | 8/ sector | 2/sektor |
| Jumlah kanal carrier/sektor | 35 | 22 |
| BS Transmit Power | 46 dBm | 32 dBm |
| MS Transmit Power | 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 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 trafik dan kapasitas BTS. Adapun persamaan yang digunakan yaitu

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

B= Jumlah BTS yang dibutuhkan

T=Total Trafik 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

Lpu = PTX,MS – PRX ,BS - ∑Gu - ∑Lu - ∑Mu..(6)

Lpd = PTX,BS – PRX ,MS - ∑Gd - ∑Ld - ∑Md..(7)

Lpu = Path loss pada Uplink

Lpd = Path Loss pada downlink

PTX,MS  = Daya transmit MS

PRX ,BS  = BS Receiver Sensitivity

∑Gu  = Total Gain pada Uplink

∑Lu = Total Loss Pada Uplink

∑Mu  = Total Loss Pada Uplink

PTX,BS  = Daya transmit BS

PRX ,MS  = MS Receiver Sensitivity

∑Gd  = Total Gain pada Downplink

∑Ld = Total Loss Pada Downlink

∑Md  = Total Loss Pada Downlink

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 berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan dengan *cellmapper,* menunjukkan bahwa Telkomsel menjadi penyedia layanan telekomunikasi yang mendominasi di daerah rural maupun suburban Kabupaten Nunukan. Oleh karena itu, parameter perhitungan *link budget* yang digunakan dalam penelitian ini merujuk pada standar Telkomsel (dapat dilihat pada Tabel 2).

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

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| No | Parameter | Nilai | Satuan |
| 1 | Power BS | 46,02 | dBm |
| 2 | Power MS | 30 | dBm |
| 3 | Sensitivitas BS (Rth AntenaSektoral) | -107 | dBm |
| 4 | Sensitivitas MS (Rth AntenaMobile) | -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)

2.Setelah dilakukan perhitungan *path loss* maksimum, maka dapat diketahui luas cakupan sel (Fauzi, 2013). Adapun luas cakupan sel dapat dihitung dengan mengetahui jarak maksimum dari BTS ke MS. Pada penelitian ini digunakan model propagasi Standford University Interim (SUI) karena model propagasi ini cocok diterapkan di wilayah yang memiliki banyak pepohonan maupun hutan seperti di Kabupaten Nunukan. Namun metode ini umumnya hanya digunakan untuk BTS dengan cakupan *macrocell.* Adapun beberapa kategori wilayah dalam model propagasi SUI dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3** Kategori Wilayah Model Propagasi SUI

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

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

$d=d'\_{0}10^{(\frac{PL-A-∆PL\_{HT}-∆PL\_{F}-S}{10γ})}$...........................(7)

$A=20 Log (\frac{4d'\_{0}}{λ})$.............................................(8)

$d'\_{0}=d\_{0}10^{-(\frac{∆PL\_{F}+∆PL\_{HT}}{10γ})}$...................................(9)

$γ=a-bh\_{b}+^{c}/\_{h\_{b}}$........................................(10)

$∆PL\_{F}=6Log(\frac{f}{2000})$........................................(11)

$∆PL\_{ht}=\left\{\begin{array}{c}-10Log\left(\frac{h\_{t}}{3}\right), ht\leq 3\\-20Log\left(\frac{h\_{t}}{3}\right), ht>3\end{array}\right.$....................(12)

Hb= tinggi BS

Ht= tinggi MS

Parameter a,b,c yang digunakan dalam persamaan (10) ditentukan berdasarkan kategori wilayah (yang telah disebutkan pada Tabel 3). Adapun nilai parameter tersebut dapat dilihat 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 sub urban menggunakan persamaan berikut

$$A=\frac{3\sqrt{3}}{2}d^{2}……………………………….\left(13\right)$$

A = luas cakupan sel

d = jarak terjauh dari pusat ke tepi sel

3.Perhitungan jumlah sel yang dibutuhkan. Jumlah sel yang dibutuhkan untuk daerah sub urban dan daerah rural dapat dihitung melalui persamaan berikut

$N\_{BTS }=\frac{A\_{wilayah}}{A\_{Sel}}$..........................................(14)

NBTS= jumlah BTS

Awilayah= luas cakupan wilayah

ASEL= luas cakupan sel

**HASIL**

Nunukan merupakan kabupaten yang terdiri dari 19 kecamatan. Posisi astronomis Kabupaten Nunukan adalah berada pada antara 1150 33’ 00” sampai dengan 118º03’ 55” Bujur Timur dan antara 3º 15’ 00” sampai dengan 4º 24’ 55” Lintang Utara. Nunukan merupakan wilayah paling utara dari Provinsi Kalimantan Utara. Kabupaten ini memiliki luas wilayah 14.247,50 km, dengan dengan 15 kecamatan-nya 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 kecamatannya (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 di kecamatan Nunukan Selatan, Sebatik Timur dan Sebatik Barat. Pada Tabel 5 juga ditemukan bahwa beberapa kecamatan di Kabupaten Nunukan memiliki 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 sub urban 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 | Sub Urban |
| Nunukan | C | Sub Urban |
| Sembakung | A | Rural |
| Lumbis | A | Rural |
| Krayan | A | Rural |
| Sebuku | A | Rural |
| Krayan Selatan | A | Rural |
| Sebatik Barat | C | Sub Urban |
| Nunukan Selatan | C | Sub Urban |
| Sebatik Timur | C | Sub Urban |
| Sebatik Utara | C | Sub Urban |
| Sebatik Tengah | C | Sub Urban |
| Sei Menggaris | B | Rural |
| Tulin Onsoi | A | Rural |
| Lumbis Ogong | A | Rural |
| Sembakung Atulai | B | RurRural |
| 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 sub urban yang berada di Pulau Sebatik dan Pulau Nunukan. Pada wilayah ini, kategori pemukiman penduduk dianggap merupakan 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 Nunukan berdasarkan kecamatan dapat dilihat 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 sub urban 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 di daerah tersebut. Oleh karena itu, pembangunan pada daerah ini umumnya dilakukan oleh pemerintah setempat maupun bekerjasama dengan Kementerian Komunikasi dan Informatika (Kemkominfo), dalam hal ini  Balai Penyedia dan Pembiayaan Telekomunikasi dan Informatika (BP3TI). BP3TI telah membangun 20 titik BTS yang merupakan salah satu program *Universal Service Obligation (USO)* di Kabupaten Nunukan. Selain itu, pembangunan menara telekomunikasi (pada Tabel 5) juga dilakukan oleh berbagai perusahaan diantaranya Pt.Solo Sindo Kreasi Pratama, Telkomsel, Indosat, Pt. Tower Bersama, Mitra Tel, XL Axiata, Flexi, Protelindo, dan Pt.Solusi Menara Indonesia.

Peta persebaran menara telekomunikasi yang telah dijabarkan di Tabel 7 dapat dilihat pada Gambar 1



**Gambar 1** Peta Persebaran Menara Telekomunikasi di Kabupaten Nunukan

Pada Gambar 1 dapat dilihat 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, kedua pulau ini merupakan kawasan sub urban yang seluruh desa-nya 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 trafik 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 Trafik di Kabupaten Nunukan Tahun 2022

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Kecamatan | Jumlah Penduduk 2022 | Jumlah Pengguna Seluler | Jumlah kebutuhan trafik |
| 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 |
| Sebuku | 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 3 sektor serta jumlah *carrier*  dibatasi maksimal 2 dapat dilihat pada Tabel 9.

**Tabel 9** Perhitungan *path loss,* jarak dan luas cakupan sel berdasarkan kategori wilayah

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Kategori wilayah | Tinggi BS (m) | Path Loss (Db) | D (jarak maksimumdalam km) | Luas cakupan sel (km2) |
| 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 |
| 72 | 153,06 | 13,17 | 450,75 |
| C | 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 |

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 jumlahh *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 dapat dilihat pada Tabel 10.

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

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Kecamatan | Jenis BTS | Tipe Antena | Jumlah kebutuhan trafik | Jumlah BTS |
| **Carrier 1** | **Carrier 2** |
| Sebatik | Macro  | *Omnidirectional* | 173,36 | 7 | 3 |
|  | 3 Sektor |  | 2 | 1 |
| Micro  | *Omnidirectional* |  | 12 | 5 |
|  | 3 Sektor |  | 4 | 2 |
| Nunukan | Macro  | *Omnidirectional* | 1570,74 | 60 | 27 |
|  | 3 Sektor |  | 17 | 8 |
| Micro  | *Omnidirectional* |  | 106 | 46 |
|  | 3 Sektor |  | 29 | 14 |
| Sembakung | Macro  | *Omnidirectional* | 95,91 | 4 | 2 |
|  | 3 Sektor |  | 2 | 1 |
| Micro  | *Omnidirectional* |  | 7 | 3 |
|  | 3 Sektor |  | 2 | 1 |
| Lumbis | Macro  | *Omnidirectional* | 91,03 | 4 | 2 |
|  | 3 Sektor |  | 1 | 1 |
| Micro  | *Omnidirectional* |  | 7 | 3 |
|  | 3 Sektor |  | 2 | 1 |
| Krayan | Macro  | *Omnidirectional* | 45,42 | 2 | 1 |
|  | 3 Sektor |  | 1 | 1 |
| Micro  | *Omnidirectional* |  | 4 | 2 |
|  | 3 Sektor |  | 1 | 1 |
| Sebuku | Macro  | *Omnidirectional* | 159,41 | 7 | 3 |
|  | 3 Sektor |  | 2 | 1 |
| Micro  | *Omnidirectional* |  | 11 | 5 |
|  | 3 Sektor |  | 3 | 2 |
| Krayan Selatan | Macro  | *Omnidirectional* | 22,51 | 1 | 1 |
|  | 3 Sektor |  | 1 | 1 |
| Micro  | *Omnidirectional* |  | 2 | 1 |
|  | 3 Sektor |  | 1 | 1 |
| Sebatik Barat | Macro  | *Omnidirectional* | 332,85 | 13 | 6 |
|  | 3 Sektor |  | 4 | 2 |
| Micro  | *Omnidirectional* |  | 23 | 10 |
|  | 3 Sektor |  | 7 | 3 |
| Nunukan selatan | Macro  | *Omnidirectional* | 676,79 | 26 | 12 |
|  | 3 Sektor |  | 8 | 4 |
| Micro  | *Omnidirectional* |  | 46 | 20 |
|  | 3 Sektor |  | 13 | 6 |
| Sebatik Timur | Macro  | *Omnidirectional* | 552,77 | 21 | 10 |
|  | 3 Sektor |  | 6 | 3 |
| Micro  | *Omnidirectional* |  | 38 | 16 |
|  | 3 Sektor |  | 10 | 5 |
| Sebatik Utara | Macro  | *Omnidirectional* | 227,35 | 9 | 4 |
|  | 3 Sektor |  | 3 | 2 |
| Micro  | *Omnidirectional* |  | 16 | 7 |
|  | 3 Sektor |  | 5 | 2 |
| Sebatik Tengah | Macro  | *Omnidirectional* | 231,51 | 9 | 4 |
|  | 3 Sektor |  | 3 | 2 |
| Micro  | *Omnidirectional* |  | 16 | 7 |
|  | 3 Sektor |  | 5 | 2 |
| Sei Menggaris | Macro  | *Omnidirectional* | 146,75 | 6 | 3 |
|  | 3 Sektor |  | 2 | 1 |
| Micro  | *Omnidirectional* |  | 10 | 5 |
|  | 3 Sektor |  | 3 | 2 |
| Tulin Onsoi | Macro  | *Omnidirectional* | 142,82 | 6 | 3 |
|  | 3 Sektor |  | 2 | 1 |
| Micro  | *Omnidirectional* |  | 10 | 5 |
|  | 3 Sektor |  | 3 | 2 |
| Lumbis Ogong | Macro  | *Omnidirectional* | 69,34 | 3 | 2 |
|  | 3 Sektor |  | 1 | 1 |
| Micro  | *Omnidirectional* |  | 5 | 2 |
|  | 3 Sektor |  | 2 | 1 |
| Sembakung Atulai | Macro  | *Omnidirectional* | 37,47 | 2 | 1 |
|  | 3 Sektor |  | 1 | 1 |
| Micro  | *Omnidirectional* |  | 3 | 2 |
|  | 3 Sektor |  | 1 | 1 |
| Krayan Timur | Macro  | *Omnidirectional* | 20,06 | 1 | 1 |
|  | 3 Sektor |  | 1 | 1 |
| Micro  | *Omnidirectional* |  | 2 | 1 |
|  | 3 Sektor |  | 1 | 1 |
| Krayan Tengah | Macro  | *Omnidirectional* | 10,99 | 1 | 1 |
|  | 3 Sektor |  | 1 | 1 |
| Micro  | *Omnidirectional* |  | 1 | 1 |
|  | 3 Sektor |  | 1 | 1 |
| Krayan Barat | Macro  | *Omnidirectional* | 21,81 | 1 | 1 |
|  | 3 Sektor |  | 1 | 1 |
| Micro  | *Omnidirectional* |  | 2 | 1 |
|  | 3 Sektor |  | 1 | 1 |

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* 1 sebanyak 60 BTS atau untuk spesifikasi antena omi dengan jumlah *carrier* 2 hanya membutuhkan 27 BTS. Sedangkan untuk pembangunan BTS mikro, dibutuhkan hingga mencapai 106 BTS mikro dengan spesifikasi antena *omnidirectional* dan jumlah *carrier* 1 atau dibutuhkan sejumlah 46 BTS mikro dengan spesifikasi antena *omnidirectional* dan jumlah *carrier* 2. 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 trafik masyarakat.

Selain menggunakan metode perhitungan kebutuhan trafik 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 *path loss*. Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan didapatkan *path loss,*  jarak dan luas cakupan sel yang ditampilkan pada Tabel 11.

**Tabel 11** Perhitungan *path loss,* jarak dan luas cakupan sel berdasarkan kategori wilayah

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Kategori wilayah | Tinggi BS (m) | Path Loss (Db) | D (jarak maksimum dalam km) | Luas cakupan sel (km2) |
| 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 |
| 72 | 153,06 | 13,17 | 450,75 |
| C | 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 |

Pada Tabel 11, Kabupaten Nunukan dibagi dalam 3 kategori wilayah sesuai dengan kategori wilayah model propagasi SUI, yaitu kategori A, B, dan C. Kategori A merupakan daerah berbukit dengan kepadatan pepohonan menengah hingga tinggi. Kategori B untuk daerah dengan *path loss*  menengah. Kategori C untuk daerah dengan kepadatan pohon yang ringan dan berada di bidang datar. Dalam penelitian ini, diasumsikan daerah sub urban berada di kategori C, sedangkan untuk daerah rural berada di kategori A dan B. Jenis kategori wilayah ini akan mempengaruhi *shadow fading*  yang akan berpengaruh pada *path loss*. Selain kategori wilayah, tinggi antena juga akan mempengaruhi *path loss* 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/BS maka semakin luas cakupan sel dari menara telekomunikasi tersebut.

Perhitungan jumlah kebutuhan BTS berdasarkan dari luas cakupan sel dihitung dengan menggunakan persamaan (15) dapat dilihat pada Tabel 12.

**Tabel 12** Jumlah BTS yang dibutuhkan berdasarkan Luas Cakupan Sel

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Kecamatan | Luas Wilayah | Jumlah BTS berdasarkan luas cakupan sel |
| 32 m | 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 Ogong | 3357,01 | 69 | 57 | 42 | 32 |
| Sembakung Atulai | 277,72  | 3 | 2 | 2 | 1 |
| 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 rendah tinggi 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 julah BTS yang dibutuhkan hanya berjumlah 1 untuk setiap kecamatannya. Hal ini dikarenakan luas wilayah kecamatan di pulau tersebut kecil sehingga dapat dijangkau dengan hanya menggunakan 1 buah BTS tiap kecamatan.

Jumlah kebutuhan BTS berdasarkan kebutuhan trafik yang dapat (lihat Tabel 10) dam luas cakupan sel (lihat Tabel 12) dapat dilihat berbeda. Kondisi geografis kabupaten Nunukan yang masih didominasi oleh wilayah hutan menyebabkan pendekatan kebutuhan BTS berdsarkan luas cakupan sel dan luas wilayah menjadi tidak diprioritaskan. Hal ini dikarenakan tidak seluruh wilayah di kecamtan tersebut merupakan pemukiman, sehingga BTS di wilayah tersebut belum memiliki fungsi penting dalam komunikasi. Selain itu, pada Tabel 12 dapat dilihat untuk daerah sub urban seperti Sebatik dan Nunukan hanya membutuhkan 1 buah BTS di setiap kecamatan, padahal kebutuhan trafik telekomunikasi yang tinggi di wilayah tersebut tidak dapat dipenuhi oleh 1 BTS. Hal yang berbeda daat dilihat pada Kecmatan Tulin Onsoi, Lumbis Ogong, Sebuku, Sembakung. Wilayah yang disebutkan tersebut memiliki kebutuhan BTS yang tinggi berdasarkan luas wilayah, namun jika dilihat berdasarkan kebutuhan trafik, 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 trafik dapat dilihat pada Tabel 13. Jumlah BTS yang didapat 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 Trafik

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Kecamatan | Jumlah BTS saat ini | Jumlah BTS yang harus dipenuhiberdasarkan Kebutuhan Trafik hingga Tahun 2022 |
| Makro (omni, carrier 1) | Makro (omni, carrier 2) | Makro (3 sektor, carrier 1) | Makro (3 sektor, carrier 2) | Mikro (omni, carrier 1) | Mikro (omni, carrier 2) | Mikro (3 sektor, carrier 1) | Mikro (3 sektor, carrier 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* 1, maka dibutuhkan penambahan 93 BTS dengan spesifikasi yang sama untuk memenuhi kebutuhan trafik hingga tahun 2022 untuk semua wilayah kecamatan di seluruh wilayah kecamatan kecuali kecamatan Krayan, Krayan Timur, Krayan Tengah dan Krayan Barat. Sedangkan, jika diasumsikan semua BTS yang telah dibangun merupakan BTS makro dengan spesifikasi antena *omnidirectional* dan jumlah *carrier* 2, maka dibutuhkan penambahan 6 BTS dengan spesifikasi yang sama untuk memenuhi kebutuhan trafik hingga tahun 2022 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* 1, maka dibutuhkan penambahan 213 BTS dengan spesifikasi yang sama untuk memenuhi kebutuhan trafik hingga tahun 2022 di seluruh wilayah kecamatan kecuali kecamatan Krayan, Krayan Timur, Krayan Tengah 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* 2, maka dibutuhkan penambahan 55 BTS dengan spesifikasi yang sama untuk memenuhi kebutuhan trafik hingga tahun 2022 untuk seluruh wilayah kecamatan kecuali kecamatan Sebatik, Sebatik, Krayan, Krayan Selatan, Krayan Tengah, Krayan Timur, 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 3 sektor dan jumlah *carrier* 1, maka dibutuhkan penambahan 11 BTS dengan spesifikasi yang sama untuk memenuhi kebutuhan trafik 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 trafik hingga tahun 2022 jika diasumsikan semua BTS yang telah dibangun merupakan BTS makro dengan dengan spesifikasi antena 3 sektor dengan jumlah *carrier*  1 maupun 2, atau BTS mikro dengan spesifikasi antena 3 sektor dengan jumlah *carrier*  2.

Berdasarkan data tersebut, dapat dikebahwa terdapat 4 kecamatan yang sudah memenuhi kebutuhan trafik hingga tahun 2022 yaitu, kecamatan Krayan, Krayan Timur, Krayan Tengah dan Krayan Barat. Sedangkan pada kecamatan Sebatik, jumlah BTS yang ada hanya tidak dapat memenuhi kebutuhan trafik jika diasumsikan semua BTS yang dibangun merupakan BTS mikro dengan spesifikasi antena *omnidirectional* dan jumlah *carrier*  1. Sedangkan untuk wilayah-wilayah dengan kepadatan trafik tinggi, seperti Sebatik Barat, Sebatik Timur, Nunukan, dan Nunukan selatan, belum dapat terpenuhi kebutuhan trafiknya jika diasumsikan semua BTS yang dibangun merupakan BTS makro dengan antena *omnidirectional*  dan jumlah *carrier* 2. Wilayah-wilayah tersebut dan Sebatik Utara juga memerlukan penambahan BTS jika diasumsikan semua BTS yang dibangun merupakan BTS mikro dengan 3 antena sektoral dan jumlah *carrier 1.* 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 antema *omnidirectional*  dan jumlah *carrier* 1 atau jumlah BTS yang dibutuhkan lebih kecil untuk BTS makro dengan spesifikasi antena *omnidirectional* dan jumlah *carrier* 2. Selain dengan memenuhi kebutuhan BTS pada wilayah kecamatan sesuai dengan spesifikasi, kebutuhan trafik 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 telah disebutkan pada Tabel 13.

**KESIMPULAN**

Jumlah BTS di 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 3 antena sektoral dan jumlah *carrier*  1 dan 2, atau diaumsikan semua BTS yang dibangun merupakan BTS mikro dengan spesifikasi 3 antena sektoral dan jumlah *carrier*  2. Beberapa wilayah kecamatan seperti Krayan, Krayan Tengah, Krayan Timur, dan Krayan Barat tidak membutuhkan penambahan BTS dalam memenuhi kebutuhan trafik hingga tahun 2022.

Penambahan BTS untuk wilayah kecamatan lainnya dibutuhkan jika semua BTS yang dibangun diasumsikan merupakan BTS makro dengan spesifikasi antena *omnidirectional* dan jumlah *carrier* 1 dan BTS mikro dengan spesifikasi antena *omnidirectional*  dan jumlah *carrier* 1. Adapun jumlah penambahan BTS untuk masing-masing spesifikasi yaitu sebanyak 93 BTS dan 213 BTS. Sedangkan, jika diasumsikan semua BTS yang telah dibangun merupakan BTS makro dengan spesifikasi antena *omnidirectional*  dan jumlah *carrier* 2, maka perlu dilakukan penambahan 6 buah BTS dengan spesifikasi yang sama pada wilayah Sebatik Barat, Sebatik Timur, Nunukan dan Nunukan Selatan. Selain itu, jika diasumsikan semua bts yang telah dibangun merupakan BTS mikro dengan antena *omnidirectional*  dan jumlah *carrier* 2, 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. Sedangkan jika diasumsiskan semua BTS yang telah dibangun merupakan BTS mikro dengan spesifikasi antena 3 sektor dan jumlah *carrier* 1, dibutuhkan penambahan BTS dengan spesifikasi tersebut sebanyak 11 buah pada wilayah kecamatan Sebatik Barat Sebatik Timur, Sebatik Utara, Nunukan dan Nunukan Selatan.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

***Blind review***

**DAFTAR PUSTAKA**

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.

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>

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?page=all>

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.