

Analisis Perancangan BTS Hotel pada Kawasan Kampus di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Sukolilo-Surabaya

Istas Pratomo¹, Moh. Imam Rahmat Fahmi², Djoko Suprajitno Rahardjo³

Jurusan Teknik Elektro
Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, Indonesia

istaspra@ee.its.ac.id¹, imamrf.telco@gmail.com², djokosr@ee.its.ac.id³

Abstract—Data survei pelanggan terkait persepsi kualitas layanan seluler di ITS Sukolilo menyebutkan bahwa 80% pelanggan memberikan persepsi sedang-buruk terhadap layanan seluler berbasis data. Salah satu penyebabnya adalah kondisi Kampus ITS Sukolilo sebagai daerah urban dimana banyak bangunan dan gedung bertingkat yang mengakibatkan banyaknya *shadow area*. *Distributed Antenna System* atau dikenal dengan BTS Hotel menawarkan teknologi *base station* yang dipusatkan pada satu lokasi yang akan melayani beberapa *remote site*. Pada setiap *remote site* tersebut akan dihubungkan langsung oleh sebuah *single fiber* untuk menjangkau area yang tidak bisa terlayani maksimal. Tujuan dari perancangan ini adalah untuk merancang BTS Hotel di Kampus ITS Sukolilo sebagai solusi dari perluasan area layanan dan peningkatan kapasitas layanan dengan melakukan perencanaan *capacity planning*, *coverage planning* dan jaringan *fiber optic*. Hal ini dilakukan untuk mengestimasi jumlah *pole* dan luas cakupan dari setiap sel serta topologi jaringan *fiber optic*. Hasil perancangan menggunakan *A Multiple-Carrier Multiple-Technology configuration*. Nilai OBQ yang didapat dari perancangan sebesar 27,95 Mbps/Km² untuk jaringan 3G UMTS dan 10,51 Mbps/Km² untuk jaringan 4G LTE. Jumlah *pole* dari hasil perancangan sebanyak 14 *pole*, dengan luas cakupan 0,098 Km²/sel dan radius 194,5 m. Sedangkan untuk jaringan *fiber optic*, menggunakan *Single Mode Multi Core Fiber Optic* dengan 16 core yang membutuhkan panjang total kabel sekitar 7.035 m.

Keywords—BTS Hotel; Capacity Planning; Coverage Planning

I. PENDAHULUAN

Jumlah penduduk di Indonesia yang semakin meningkat dengan prosentase laju pertumbuhan penduduk sebesar 1,39 % pertahun memberikan proyeksi jumlah penduduk pada tahun 2020 mencapai angka 271.066.400 jiwa. Pertumbuhan penduduk tersebut tentunya akan diiringi pula dengan bertambahnya jumlah pelanggan seluler. Data proyeksi pertumbuhan pengguna seluler di Indonesia menyebutkan akan terjadi pertumbuhan pada kisaran angka 4,22% - 6,19% sampai pada tahun 2018 dengan angka proyeksi pengguna seluler pada tahun 2018 sebesar 426.520.331[8]. Hal tersebut tentunya akan menjadi tantangan tersendiri bagi penyedia jasa seluler (operator) telekomunikasi yang ada.

Disisi jenis layanan, pengguna layanan data terus mengalami peningkatan. Hal tersebut sebagai akibat dukungan

teknologi seluler, *user equipment* dan aplikasi yang ada serta kondisi demografi yang didominasi oleh usia produktif.

Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya sebagai salah satu wadah akademik seharusnya menjadi tempat yang memberikan akses layanan data seluler yang memadai. Akan tetapi berdasarkan survei persepsi pelanggan seluler di ITS menyebutkan bahwa secara umum layanan data untuk 4 operator seluler (Telkomsel, XL Axiata, Indosat Ooredoo, dan Tri) adalah 55,25% memberikan persepsi sedang, 24,75% memberikan persepsi buruk, dan hanya 20,00% yang memberikan persepsi baik. Hasil tersebut tentunya tidak lepas dari bentuk kontur ITS dengan dominasi bangunan dan gedung-gedung tinggi yang menyebabkan banyaknya *shadow area* atau *blank spot area* yang tidak mendapatkan layanan maksimal.

BTS Hotel dengan menggunakan konsep *Distributed Antenna System* (DAS) merupakan solusi tepat untuk mengatasi masalah terjadinya penyusutan kapasitas pada layanan data dan juga terjadinya *insufficient coverage* yang menyebabkan munculnya *shadow area* akibat gedung-gedung yang menutupi area layanan di ITS Sukolilo-Surabaya. BTS Hotel mendukung skenario *multi-band*, *multi-sistem*, *multi-carrier* dan *multi-operator* dengan menempatkan perangkat-perangkat BTS pada satu ruangan.

Untuk melakukan perancangan BTS Hotel akan dilakukan analisis penentuan skenario jenis BTS Hotel, lokasi BTS Hotel, *capacity planning*, *coverage planning*, perencanaan jaringan *fiber optic* dan penentuan jumlah *pole* beserta lokasinya. Hal ini dilakukan untuk memberikan layanan terbaik bagi pelanggan seluler di ITS Sukolilo-Surabaya.

II. DASAR TEORI

A. BTS Hotel

Pada dasarnya BTS Hotel merupakan gabungan atau pengembangan dari *microcell*, *repeater*, teknologi *pole* atau *micro tower*, *camouflage antenna*, *camouflage pole* dan *power sharing*. Dengan menggunakan BTS Hotel maka *signal* dari BTS dapat disebar melalui *pole* atau tower dengan jarak yang relatif jauh. Teknologi transportasi dengan menggunakan *fiber optic* sebagai sarana yang mengantarkan *signal* dengan degradasi yang relatif sangat kecil sehingga jarak jangkauan dalam teori bisa mencapai 15 km. [19]

Dari sisi konfigurasi, teknologi BTS Hotel dapat mengakomodasi beberapa konfigurasi berikut [22]:

- a. A *single-carrier, single-technology* (SCST) *configuration*. Dalam konfigurasi hanya dapat menggunakan satu operator dan satu teknologi saja
- b. A *single-carrier, multiple-technology* (SCMT) *configuration*. Dalam konfigurasi ini operator tetap hanya satu namun teknologi yang digunakan bisa bermacam-macam (GSM, UMTS, LTE).
- c. A *multiple-carrier, Multiple-technology* (MCMT) *configuration*. Dalam konfigurasi ini dapat menggunakan beberapa operator dan bermacam-macam teknologi yang digunakan sesuai dengan kebutuhan rancangan.

Pada umumnya, BTS Hotel memiliki 5 komponen utama yaitu [19]:

- a. *BTS Hotel Room/Hub Location*

Tempat dimana perangkat-perangkat BTS diletakkan.

- b. Kabel Optik

Elemen paling krusial pada BTS Hotel. Kabel optik membawa sinyal dari *BTS Hotel room* menuju *coverage area*.

- c. *Coverage Area*

Daerah yang ditentukan oleh operator dimana banyak permintaan untuk menaikkan *capacity*.

- d. *Backhaoul*

- e. *Camouflage Tower* dan *Remote Location Node*

Sebagai pengganti dari tower konvensional.



Gambar 1. Komponen Utama BTS Hotel [22]

B. Teknologi Seluler GSM-UMTS-LTE

GSM adalah nama dari sebuah grup standarisasi yang dibentuk di Eropa tahun 1982 untuk menciptakan sebuah standar bersama telepon bergerak seluler global yang beroperasi pada daerah frekuensi 900 MHz (pada awalnya). GSM saat ini banyak digunakan di negara-negara seluruh dunia. GSM menggunakan *frequency carrier* selebar 200 kHz, dimana lebar pita frekuensi 900 adalah 25 MHz, maka akan ada sebanyak 125 *carrier*. Pada GSM 1800, dimana lebar pita frekuensinya 75 MHz, maka akan ada sebanyak 375 *carrier* [20].

Universal Mobile Telecommunication System (UMTS) merupakan sebuah sistem yang menggantikan *Global System for Mobile Communication (GSM)*. UMTS merupakan salah satu evolusi generasi ketiga (3G) dari jaringan *mobile cellular*. UMTS dikembangkan dengan melihat dari kebutuhan yang semakin berkembang dari aplikasi *mobile cellular* dan aplikasi internet untuk kapasitas baru sehingga dunia telekomunikasi *mobile cellular* semakin ramai. UMTS dapat mencapai *data rate* hingga 2 Mbps per user [20].

Long Term Evolution (LTE) merupakan standar komunikasi nirkabel generasi ke-4 atau yang biasa disebut 4G dalam dunia telekomunikasi. *Bandwidth* LTE berkisar dari 1,4 MHz hingga 20 MHz. Pada teknologi LTE menggunakan *Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA)* untuk *downlink* dan *Single Carrier Frequency Division Multiple Access (SC-FDMA)* untuk *uplink*. Prinsip dasar dari transmisi dengan *multi-antenna* di LTE menggunakan teknologi *Multiplr Input Multiple Output (MIMO)* [21]. Di Indonesia, teknologi LTE menggunakan alokasi frekuensi pada 1800 MHz.

Teknologi LTE merupakan suatu set perangkat tambahan UMTS yang mampu memberikan kecepatan akses data hingga 100 Mbps pada sisi *downlink* dan 50 Mbps pada sisi *uplink*. Selain itu, LTE mampu mendukung aplikasi dan layanan *full IP based* [7]. Keunggulan dari LTE dibandingkan teknologi sebelumnya selain dalam hal kecepatan data, LTE dapat memberikan *coverage* dan kapasitas dari layanan yang lebih besar sekaligus mengurangi biaya dalam operasional [21].

C. Capacity Planning

Perencanaan *capacity planning* dilakukan untuk mendapatkan jumlah pelanggan, nilai OBQ dan kapasitas sel. Perencanaan ini dilakukan dengan pendekatan jumlah bit yang diperlukan oleh pelanggan [20]. Peramalan Trafik dilakukan dengan melakukan estimasi jumlah pengguna dalam beberapa tahun kedepan. Kemudian dilakukan estimasi perhitungan kepadatan pelanggan yang diharapkan per Km². Perencanaan jumlah trafik menggunakan *Offered Bit Quantity (OBQ)*. Perhitungan OBQ diperlukan untuk mendapatkan nilai total bit *thourghput* per km² pada jam sibuk. Untuk mendapatkan nilai OBQ maka digunakan parameter *Net User Bit Rate*, *PenetrationRates*, BHCA, *CallDuration*, dan Distribusi Pelanggan pada tiga karakteristik area, *building*, *pedestrian* dan *vehicular* [19].

Perhitungan OBQ menggunakan rumus:

$$OBQ = \sigma \times c \times p \times d \times BHCA \times BW \text{ (bps/km}^2\text{)} \quad (1)$$

$$OBQ_{Total} = OBQ_{building} + OBQ_{pedestrian} + OBQ_{vehicular} \quad (2)$$

Dimana,

σ = kepadatan pengguna (jiwa/km²)

c = prosentase pengguna di masing-masing jenis area (%)

p = penetrasi layanan (%)

d = lama panggilan efektif (detik)

BHCA = penetrasi pada jam sibuk (%)

BW = bandwidth (Kbps)

Luas cakupan sel (L) yaitu luas sel yang dihitung dari kapasitas sel yang ada (bergantung pada jenis modulasi yang digunakan) dengan total bit yang dibutuhkan pada jam sibuk. Dimana untuk mendapatkan luas cakupan sel digunakan perhitungan sebagai berikut

$$L = \text{Kapasitas sel} / OBQ_{Total} \quad (3)$$

Untuk menghitung radius dari sel (*omnidirectional-antenna*) dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Radius} = \sqrt{\frac{\text{Luas cakupan sel}}{2,6}} \quad (4)$$

Dari nilai luas cakupan sel, maka untuk mendapatkan jumlah sel yang diperlukan dalam wilayah yang diinginkan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Jumlah Sel} = \text{Luas Wilayah} / \text{Luas Cakupan Sel} \quad (5)$$

D. Radio Link Budget

Link budget adalah perhitungan semua gain pada pemancar (*transmitter*) dan penerima (*receiver*) setelah melalui redaman di media transmisi hingga diterima oleh *receiver*. *Link budget* akan memperhitungkan besarnya redaman dari sinyal dan redaman propagasi yang dipancarkan selama proses propagasi berlangsung. Perhitungan *link budget* dilakukan untuk mendapatkan maksimum pelemahan sinyal yang diperbolehkan (*Maximum Allowed Path Loss - MAPL*), yang disebut dengan *path loss*, antara *user equipment* dan *base station (eNode B)*. Dengan mendapatkan nilai MAPL maka nilai radius sel dapat diestimasi dengan menggunakan model propagasi yang sesuai. *Link budget* dikelompokkan menjadi dua, yaitu arah *uplink* dan *downlink*.

E. Model Propagasi Gelombang Radio

Terdapat beberapa model propagasi gelombang radio. Model-model tersebut disesuaikan dengan daerah yang akan menjadi area perancangan *coverage area*. Untuk daerah urban model COS-231 Wafisch-Ikegami merupakan model propagasi yang sesuai karena memperhitungkan beberapa *loss* sesuai karakteristik area urban dengan banyak gedung dan bangunan bertingkat. Rumus model propagasi gelombang radio COS-231 Walfisch-Ikegami adalah sebagai berikut.

$$L_p = \begin{cases} l_0 + l_{rts} + l_{msd}l_{rts} + l_{msd} > 0 \\ l_0l_{rts} + l_{msd} \leq 0 \end{cases} \quad (6)$$

Dimana untuk mencari l_0 :

$$l_0 = 32,44 + 20 \log f + 20 \log d$$

Dimana untuk mencari l_{rts} :

$$l_{rts} = -16,9 - 10 \log w + 10 \log f + 20 \log(h_{roof} - h_R) + l_{Ori}$$

$$l_{Ori} = \begin{cases} -10 + 0,354 \frac{\varphi}{\text{deg}} & \text{for } 0^\circ \leq \varphi < 35^\circ \\ 2,5 + 0,075 \left(\frac{\varphi}{\text{deg}} - 35 \right) & \text{for } 35^\circ \leq \varphi < 55^\circ \\ 4 - 0,114 \left(\frac{\varphi}{\text{deg}} - 35 \right) & \text{for } 55^\circ \leq \varphi < 90^\circ \end{cases}$$

Dan untuk mencari l_{msd} :

$$l_{msd} = l_{bsh} + K_a + K_d \log d + K_f \log f - 9 \log b$$

$$l_{bsh} = \begin{cases} -18 \cdot (1 + (h_{TX} - h_{roof})) & h_{TX} > h_{roof} \\ 0 & h_{TX} < h_{roof} \end{cases}$$

$$K_a = \begin{cases} 54 & h_{TX} > h_{roof} \\ 54 - 0,8(h_{TX} - h_{roof})d \geq 0,6 \text{ km and } h_{TX} \leq h_{roof} \\ 54 - 0,8(h_{TX} - h_{roof}) \frac{d}{0,5} & d < 0,5 \text{ km and } h_{TX} \leq h_{roof} \end{cases}$$

$$K_d = \begin{cases} 18 & h_{TX} > h_{roof} \\ 18 - 15 \frac{h_{TX} - h_{roof}}{h_{roof} - h_{TX}} & h_{TX} < h_{roof} \end{cases}$$

$$K_f = \begin{cases} 0,7 \left(\frac{f}{925} - 1 \right) & \text{for medium sized city} \\ 1,5 \left(\frac{f}{925} - 1 \right) & \text{for metropolitan centers} \end{cases}$$

Dimana:

L_p = Path Loss (dB)

f = Frekuensi (MHz)

h_{TX} = tinggi base station (m)

h_R = tinggi UE (m)

h_{roof} = tinggi rooftop (m)

d = jarak antara base station dan UE

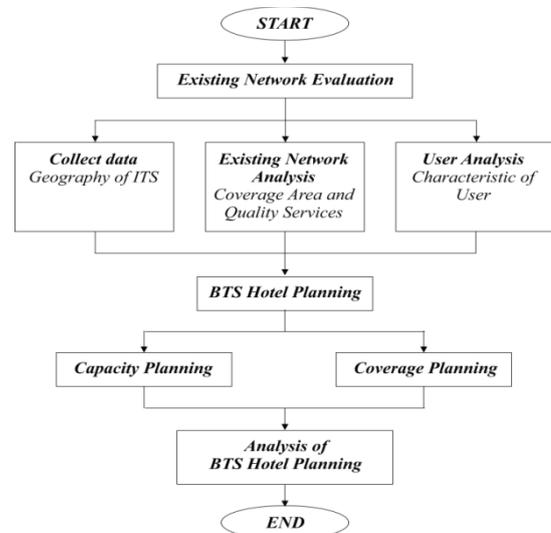
b = jarak antara dua gedung (m)

w = lebar jalan raya (m)

III. PERANCANGAN BTS HOTEL

A. Diagram Alir Perancangan

Skema rencana tahapan perancangan digambarkan melalui diagram alir pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Perancangan

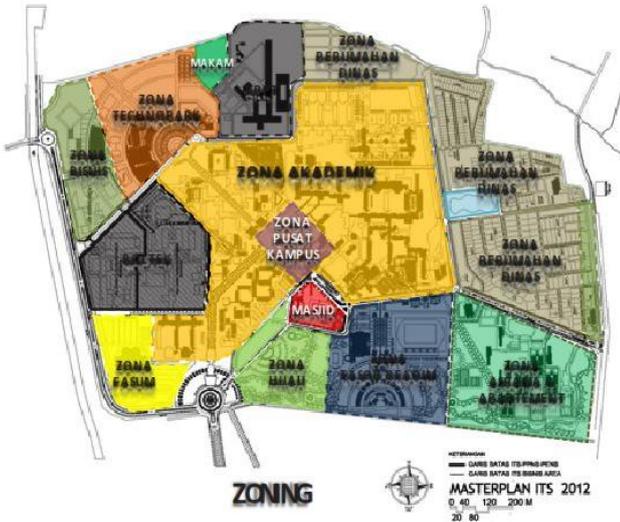
B. Kondisi Geografis Kampus ITS Sukolilo-Surabaya

Secara geografis kampus ITS Sukolilo berada di wilayah Surabaya Timur, tepatnya di kawasan kecamatan Sukolilo. Berdasarkan data Rencana Strategis (renstra) ITS 2014-2018 menyebutkan bahwa luas area lahan ITS sebesar 1.789.300 m² atau setara dengan 1,789 Km² [5].



Gambar 3. Kondisi Geografis Kampus ITS Melalui Citra Satelit

Jika dilakukan *zoning area*, ada beberapa pembagian zona menurut fungsi lahan di ITS berdasarkan data Masterplan ITS 2012 yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Rencana Zoning Kampus ITS Sukolilo berdasarkan Master Plan ITS 2012[15]

Sedangkan apabila ditinjau dari sisi Sumber Daya Manusia (SDM) yang ada, maka ITS memiliki total SDM sebesar 24.534 orang dengan rincian pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah SDM di ITS (Proyeksi Tahun 2016)[17]

No	SDM	Jumlah
1	Mahasiswa	22.000
2	Tenaga akademik	1.294
3	Teknisi	175
4	Laboran	150
5	Pustakawan	40
6	Tenaga Non Akademik	875

Total	24.534
-------	--------

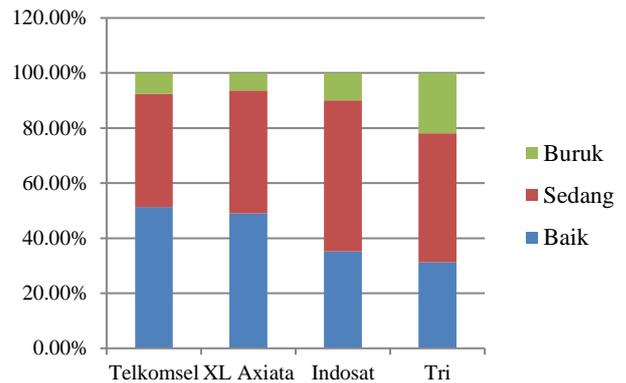
C. Jaringan Site Existing

Untuk mengetahui kondisi layanan jaringan Site Existing dapat dilakukan melalui metode *drive test* maupun survei. Untuk hasil *drive test* menggunakan software G-Net Track Pro dapat dirangkum pada Tabel 2.

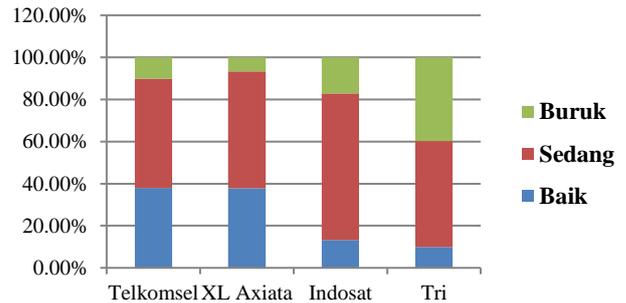
Tabel 2. Hasil Drive Test untuk Layanan 3G

No	Operator	RxLev (Rata-Rata)	Sebaran Nilai RxLev Terbanyak		% RxLev >=-70dBm
			Rentang Nilai	%	
1	Telkomsel	-72,33 dBm	-71 dBm - -80 dBm	38,52%	29,15%
2	XL Axiata	-74,10 dBm	-71 dBm - -80 dBm	40,52%	43,11%
3	Indosat Ooredoo	-82,80 dBm	-91 dBm - -100 dBm	42,00%	5,40%
4	Tri	-75,54 dBm	-71 dBm - -80 dBm	36,29%	35,96%

Sedangkan untuk hasil survei terkait persepsi pelanggan terhadap kualitas layanan seluler 2G maupun 3G di Kampus ITS Sukolilo dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Diagram Tingkat Persepsi Pelanggan Terhadap Kualitas Layanan 2G di Kampus ITS Sukolilo



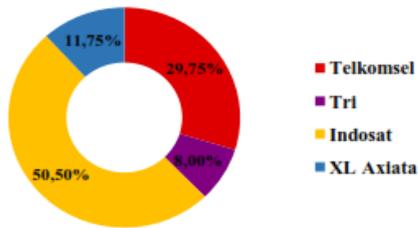
Gambar 6. Diagram Tingkat Persepsi Pelanggan Terhadap Kualitas Layanan 3G di Kampus ITS Sukolilo

D. Karakteristik Pelanggan Seluler di Kampus ITS

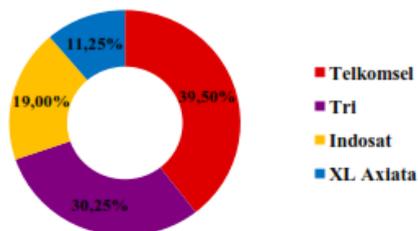
Untuk mengetahui karakteristik pelanggan seluler di Kampus ITS Sukolilo dilakukan dengan metode survei langsung melalui kuisioner. Karakteristik pelanggan yang diukur antara lain terkait penggunaan jenis operator seluler baik untuk layanan 2G maupun 3G, penggunaan teknologi *Wi-Fi* untuk akses data via seluler, tingkat frekuensi akses data, aplikasi yang sering digunakan oleh pelanggan dan tempat

yang sering digunakan oleh pelanggan untuk melakukan akses data.

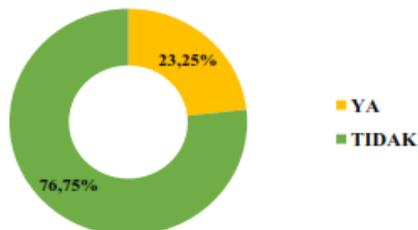
Survei dilakukan terhadap 400 responden secara *proportional-random*. Perhitungan jumlah responden didasarkan pada rumusan Slovin dengan error $\pm 5\%$.



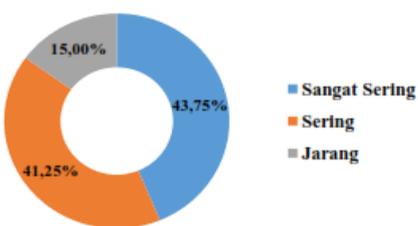
Gambar 7. Diagram Tingkat Penetrasi Penggunaan Jenis Operator Seluler untuk Layanan 2G di Kampus ITS Sukolilo



Gambar 8. Diagram Tingkat Penetrasi Penggunaan Jenis Operator Seluler untuk Layanan 3G di Kampus ITS Sukolilo



Gambar 9. Diagram Penggunaan Wi-Fi untuk Akses Data Melalui *Mobile Phone*



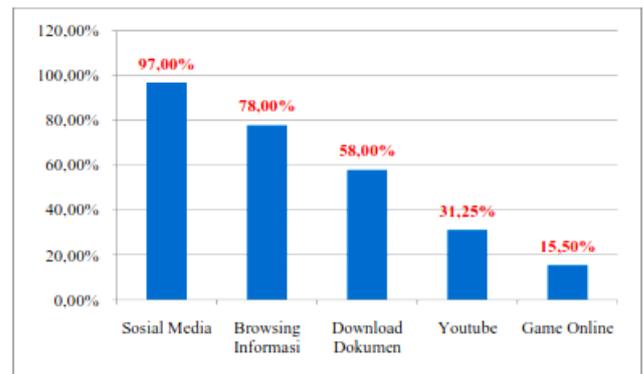
Gambar 10. Diagram Frekuensi Penggunaan Layanan Data

E. Perhitungan Capacity dan Coverage Planning

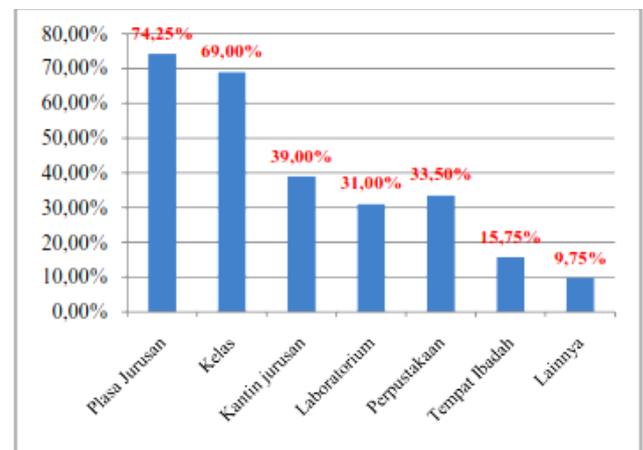
Dengan data jumlah SDM di kampus ITS dan tingkat penetrasi masing-masing operator, maka dapat diketahui tingkat kepadatan pengguna. Dengan asumsi hanya 60% pengguna akan berada di area kampus pada waktu yang sama, maka

kepadatan pengguna seluler pada area layanan kampus ITS Sukolilo dapat dihitung sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.

Dengan data kepadatan pengguna yang ada, maka dapat didapatkan nilai OBQ_{Total} dari hasil penjumlahan $OBQ_{building}$, $OBQ_{pedestrian}$ dan $OBQ_{vehicular}$ baik untuk 3G maupun 4G. Dari data tersebut, selanjutnya dapat dihitung L (luas cakupan area) dan d (radius sel). Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.



Gambar 11. Diagram Tingkat Penggunaan Aplikasi Layanan Data



Gambar 12. Diagram Penggunaan Tempat untuk Akses Data

Tabel 3. Tingkat Kepadatan Pengguna Seluler di Area Layanan ITS

Operator	Jenis Layanan			Kepadatan Pengguna (User/Km ²)		
	2G	3G	4G	2G	3G	4G
Telkomsel	4373	5807	1984,50	3258,82	4326,83	1478,79
XL Axiata	1727	1654	1323,00	1287,09	1232,32	985,86
Indosat	7424	2793	1488,38	5531,77	2081,26	1109,09
Tri	1176	4447	1819,13	876,32	3313,59	1355,56
Total	14700	14700	6615	10954,00	10954,00	4929,30

Tabel 4. Capacity Planning

Teknologi	OBQ (Mbs/Km ²)	L (Km ² /sel)	d (m)
3G UMTS	27,94798	0,301	399,9
4G LTE	10,51459	1,598	783,9

Tabel 5. Nilai MAPL (Maximum Allow Path Loss)

Teknologi	MAPL (dB)	
	Uplink	Downlink

3G UMTS	161,8	163,8
4G LTE	163,3	164

Sedangkan untuk perhitungan *coverage planning* dilakukan dengan menghitung nilai MAPL baik untuk arah *uplink* maupun *downlink* (3G dan 4G). Dengan parameter-parameter *link budget*, nilai MAPL dapat ditunjukkan pada Tabel 5.

Dengan parameter model propagasi pada Tabel 6 sesuai rumusan model propagasi COS-231 Walfisch-Ikegami dan dengan mensubstitusi nilai MAPL, maka didapatkan radius sel berdasarkan perhitungan *coverage planning* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 6. Parameter Model Propagasi

Parameter	Notasi	Nilai
Frekuensi (3G UMTS-2100 MHz)	f_{UL-3G}	1920 MHz
	f_{DL-3G}	2110 MHz
Frekuensi (4G LTE-1800 MHz)	f_{UL-3G}	1710 MHz
	f_{DL-3G}	1805 MHz
MAPL 3G UMTS	L_{bUL-4G}	161,8 dB
	L_{bDL-4G}	163,8 dB
MAPL 4G LTE	L_{bUL-4G}	163,3 dB
	L_{bDL-4G}	164,0 dB
Tinggi antenna BTS	h_b	15 m
Tinggi antenna MS	h_m	1,5 m
Rata-rata tinggi gedung	h_{roof}	10 m
Jarak antar gedung	b	30 m
Lebar jalan raya	W	10 m
Sudut ϕ	Φ	89°

Tabel 7. Radius (d) Sel dengan Perhitungan *Coverage Planning*

Teknologi	d (m)	
	Uplink	Downlink
3G UMTS	194,5	205
4G LTE	231,7	232,4

IV. DESAIN BTS HOTEL

A. Konfigurasi BTS Hotel

Dengan melihat kondisi geografis, *coverage area* dan kualitas layanan jaringan *site existing*, karakteristik penggunaan jenis operator dan karakteristik penggunaan layanan data yang kemudian dianalisis menurut pilihan konfigurasi BTS Hotel yang dapat diaplikasikan yakni *A single-carrier, single-technology (SCST) configuration*, *A single-carrier, multiple-technology (SCMT) configuration* dan *A multiple-carrier, Multiple-technology (MCMT) configuration*, maka pilihan konfigurasi paling optimal adalah pada jenis *A multiple-carrier, Multiple-technology (MCMT) configuration*. Pilihan konfigurasi BTS Hotel *A multiple-carrier, Multiple-technology (MCMT) configuration* akan menggunakan beberapa Operator sekaligus dengan teknologi 3G UMTS dan 4G LTE.

Terkait pilihan jumlah operator utamanya untuk jaringan 3G UMTS (dengan asumsi bahwa semua operator

membutuhkan untuk pengembangan jaringan 4G LTE) bisa menggunakan beberapa skenario berdasarkan hasil analisis terkait kualitas dan *coverage* jaringan *site existing* dan tingkat pengguna (penetrasi pelanggan) masing-masing operator. Model skenario yang bisa diterapkan, yakni:

a. Skenario 1

BTS Hotel dengan 2 (dua) operator, yakni Operator Indosat Ooredoo dan Tri. Pilihan tersebut didasarkan karena kedua operator tersebut memiliki kualitas layanan data yang buruk, tetapi memiliki jumlah pelanggan yang cukup besar.

b. Skenario 2

BTS Hotel dengan 4 operator sekaligus, yakni Operator Telkomsel, XL Axiata, Indosat Ooredoo

Dari dua opsi skenario diatas, maka skenario kedua lebih direkomendasikan untuk menjamin kualitas terbaik layanan semua operator seluler di area Kampus ITS Sukolilo. Skenario ini juga memungkinkan sebagai cadangan *capacity* apabila akan melakukan *expand* area layanan di luar area kampus, akan tetapi masih pada *range* (dapat dijangkau) jaringan BTS Hotel.

Disisi lain, perkembangan teknologi 4G-LTE juga bisa menjadi pertimbangan karena semua operator juga membutuhkan peningkatan penetrasi layanan kepada pelanggan. Sehingga skenario BTS Hotel yang direkomendasikan adalah jenis *A multiple-carrier, Multiple-technology (MCMT) configuration* dengan 4 operator (Telkomsel, XL Axiata, Indosat Ooredoo dan Tri) dan dengan 2 teknologi (3G UMTS dan 4G LTE).

B. Jumlah Pole

Untuk menentukan jumlah *pole* dilakukan dengan mengambil nilai radius (d) terkecil dalam perhitungan *Coverage Planning* maupun *Capacity Planning*. Dari nilai radius tersebut selanjutnya dapat ditentukan jumlah *pole* yang dibutuhkan menurut perhitungan model propagasi yang sesuai.

Nilai radius terkecil adalah dari adalah nilai radius hasil perhitungan *coverage planning* 3G-UMTS (*uplink*) yakni 194,5 m. Dengan persamaan (3), maka didapat luas cakupan dalam satu sel yaitu:

$$\begin{aligned} L &= 2,6 \times d^2 \\ L &= 1,6 \times (194,5)^2 \\ L &= 98358,65 \text{ m}^2 / \text{sel} \\ L &\approx 0,098 \text{ Km}^2 / \text{sel} \end{aligned}$$

Dari nilai luas cakupan sel (L), maka dapat dihitung jumlah *pole* (sel) yang dibutuhkan dengan persamaan (5), yaitu:

$$\begin{aligned} N_{pole} &= L_{area \text{ layanan}} \div L \\ N_{pole} &= 1,342 \text{ Km}^2 \div 0,098 \text{ Km}^2 / \text{sel} \\ N_{pole} &= 13,64 \text{ sel} \\ N_{pole} &\approx 14 \text{ pole} \end{aligned}$$

C. Rancangan Lokasi BTS Hotel Room dan Pole

Perancangan lokasi *BTS Hotel Room* didasarkan pada ketersediaan lahan ataupun bangunan yang memungkinkan untuk bisa digunakan sebagai *BTS Hotel Room*, dimana pada bangunan tersebut terdapat perangkat-perangkat utama BTS dari masing-masing operator.

Dari hasil observasi yang dilakukan, setidaknya ada 3 opsi bangunan ataupun lahan yang bisa digunakan sebagai tempat *BTS Hotel Room*, yakni:

- Gedung Menara Sains yang masih dalam proses pembangunan
- Gedung Pusat Riset yang masih dalam proses pembangunan
- Lahan belakang gedung LPPM ITS yang masih berupa lahan kosong.

Untuk lokasi *pole* didesain untuk sedapat mungkin berada di daerah jalan dengan harapan bisa digabungkan membentuk seperti tiang Penerangan Jalan Umum. Desain rancangan lokasi *BTS Hotel Room*, *Pole* dan *coverage area*-nya dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Model perencanaan BTS Hotel beserta Coverage Area

Koordinat lokasi *BTS Hotel Room* dan *Pole* secara rinci bisa dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Koordinat Lokasi BTS Hotel Room dan Pole

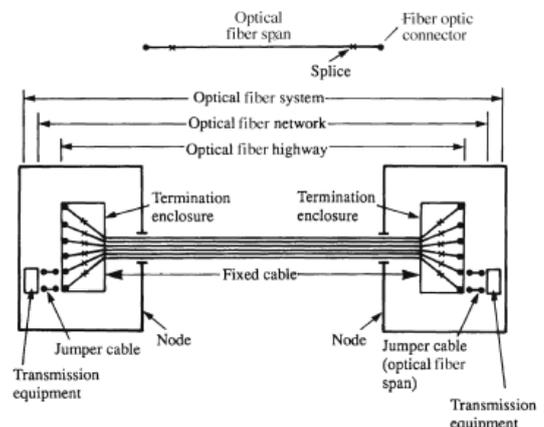
Nama	Koordinat Lokasi
BTS Hotel Room (Ops 1)	-7.285102, 112.794160
BTS Hotel Room (Ops 2)	-7.280314, 112.795912
BTS Hotel Room (Ops 3)	-7.281394, 112.797136
Pole 1	-7.284544, 112.793235
Pole 2	-7.282883, 112.795346
Pole 3	-7.281658, 112.792456
Pole 4	-7.278248, 112.791658
Pole 5	-7.279710, 112.794674
Pole 6	-7.281513, 112.797744
Pole 7	-7.282097, 112.800504
Pole 8	-7.284130, 112.797988
Pole 9	-7.286628, 112.797773

Nama	Koordinat Lokasi
Pole 10	-7.285976, 112.795681
Pole 11	-7.287035, 112.793289
Pole 12	-7.289085, 112.794023
Pole 13	-7.287035, 112.793289
Pole 14	-7.288416, 112.791490

D. Rancangan Jaringan Fiber Optic

Jaringan *fiber optic* memiliki peranan penting dalam transmisi sinyal pada sistem *BTS Hotel*. Dalam rancangan *BTS Hotel* di Kampus ITS, sesuai dengan rancangan penempatan lokasi *BTS Hotel Room* dan *Pole*, maka akan dilakukan perancangan terkait jaringan *fiber optic* yang digunakan sebagai media transmisi.

Dari hasil perhitungan didapatkan kebutuhan sebanyak 16 kanal untuk Tx-Rx (3G dan 4G). Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, direkomendasikan menggunakan *fiber optic* jenis *Single Mode Multi Core Fiber Optic*. *Fiber optic* jenis ini memungkinkan dimana dalam satu kabel terdapat 4-24 core, dimana masing-masing core bisa dimanfaatkan untuk satu kanal transmisi. Selain itu, kabel jenis ini lebih mudah dalam konfigurasi apabila dibandingkan dengan jenis CWDM yang membutuhkan multiplexer sehingga lebih sulit dalam pengaturannya.



Gambar 14. Konfigurasi *Multi-Core Fiber Optic*

Untuk jenis topologi yang digunakan, topologi *ring* (cincin) menjadi topologi yang direkomendasikan karena mampu melakukan *backup* apabila ada salah satu jalur yang mati dengan menggunakan 2 metode pengiriman sinyal searah jarum jam dan sebaliknya secara bersamaan.

Total panjang kabel yang dibutuhkan dalam penggelaran jaringan *fiber optic* berdasarkan hasil perhitungan dan perancangan untuk sistem *BTS Hotel* di Kampus ITS Sukoilo adalah sepanjang 7.035 m.

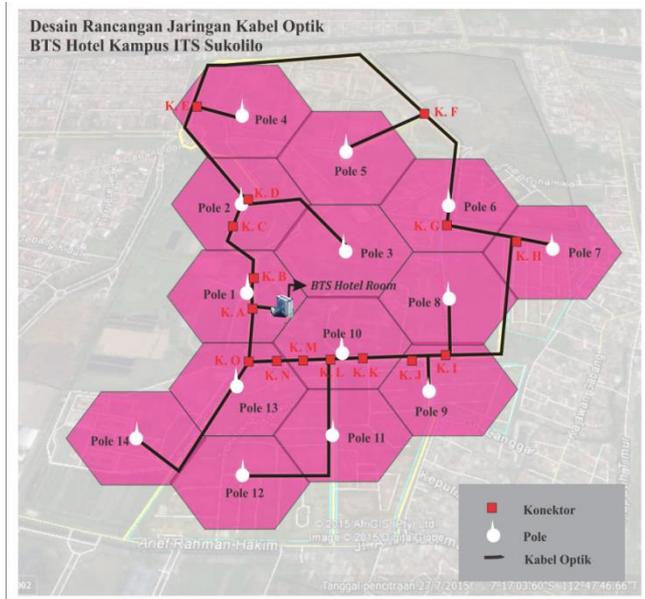
V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan dan hasil perhitungan *capacity planning*, *coverage planning* dan jaringan *fiber optic* untuk perancangan *BTS Hotel* di area Kampus ITS Sukolilo Surabaya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Luas lahan kampus ITS Sukolilo sebesar 1,789 Km² dengan luas efektif untuk area layanan yang direncanakan sebesar 75% yakni 1,342 Km².
2. Berdasarkan data renstra ITS dan peramalan yang ada, jumlah SDM total di ITS diproyeksikan pada angka 25.000 jiwa pada tahun 2020.

8. Model perancangan jaringan *fiber optic* direkomendasikan menggunakan *fiber optic* jenis *Single Mode Multi Core Fiber Optic* dengan topologi jaringan *ring* (cincin).
9. Panjang kabel optik yang dibutuhkan dalam penggelaran jaringan *fiber optic* BTS Hotel di Kampus ITS Sukolilo adalah 7.035 m.

DAFTAR PUSTAKA



Gambar 15. Desain Jaringan Kabel Optik BTS Hotel Kampus ITS Sukolilo dengan Topologi Ring

3. Konfigurasi BTS Hotel hasil rancangan menggunakan model *A Multiple-Carrier, Multiple-Technology (MCMT) configuration* dengan 4 Operator (Telkomsel, XL Axiata, Indosat Ooredoo dan Tri) dan 2 Teknologi (3G UMTS 2100 Mhz dan 4G-LTE 1800 Mhz).
4. Total OBQ (*Offered Bit Quantity*) atau total *bit throughput* pada jam sibuk adalah 27,95 Mbps/Km² untuk jaringan 3G UMTS dan 10,51 Mbps/Km² untuk jaringan 4G LTE.
5. Nilai *Maximum Allowed Path Loss (MAPL)* dalam perhitungan *link budget* untuk jaringan 3G UMTS sebesar 161,8 dB untuk arah *uplink* dan 163,8 dB untuk arah *downlink*, sedangkan untuk jaringan 4G-LTE sebesar 163,3 dB untuk arah *uplink* dan 164 dB untuk arah *downlink*.
6. Model propagasi yang sesuai untuk perancangan di area kampus ITS Sukolilo adalah model propagasi COST-231 Walfisch-Ikegami.
7. Jumlah *pole/sel* yang dibutuhkan untuk melayani area rancangan BTS Hotel adalah sebanyak 14 *pole* dengan tinggi *pole* 15 m, radius sel 194,5 m dan luas cakupan area satu sel 0,098 Km²/sel.

- [1] Anonim, Estimation of UMTS Cell Range based upon Link Budget, Motorola.
- [2] Anonim, LTE Link Budgets, Telkom Academy Training Excellence, Informa Telecoms & Media.
- [3] Anonim, Metro Coverage Solutions: An Overview of Cellular Coverage in Metros, axell wireless.
- [4] Anonim, Huawei Small Cell Solution, Huawei Technologies Co.LTD.
- [5] Anonim, 2009, *LTE Link Budget Introduction*, Huawei Technologies Co.LTD.
- [6] Anonim, 2012, Cell Coverage Area and Link Budget Calculation in GSM System, *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*. Vol.2.
- [7] Anonim, 2012, *Modul, Wireless Communication System; Modul 12 Capacity Planning*, Faculty of Triaktora, M.H., Usman, U.K.. dan Munadi, R., 2014, Analisa perencanaan jaringan Long Term Evolution Indoor di Stasiun Gambir.
- [8] Ariansyah, Kasmad, 2014, *Proyeksi Jumlah Pelanggan Telepon Bergerak Seluler di Indonesia*, Puslitbang Sumber Daya dan Perangkat Pos dan Informatika, Jakarta.
- [9] Braithwaite, Chris and Scott, Mike, UMTS Network Planning and Development; Design and Implementation of 3G CDMA Infrastructure.
- [10] Dahlman, E., Parkvall, S. and Skold, J., *4G LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband*, Elsevier.
- [11] Electrical Communication, IT Telkom, Bandung.
- [12] Elliot, Barry and Gilmore, Mike, *Fiber Optic Cabling*, Second Edition.
- [13] Hermawan, Radit, Jenis-jenis Topologi Jaringan.
- [14] Hayashi, Testuyu and Taru, Toshiku, Multi-core Fiber fo High-Capacity Long-Haul Spatially-Multiplexed Transmission.
- [15] ITS, 2012, Ringkasan Laporan Tahunan Rektor ITS 2012
- [16] ITS, 2013, Laporan Tahunan ITS 2013.
- [17] ITS, 2014, Rencana Strategis Institut Teknologi Sepuluh Nopember Tahun 2014-2018.
- [18] K, Purmima and Singh, R.K, 2012, Cell Coverage Area and Link Budget Calculation in GSM System, *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*. Vol.2.
- [19] Natali, Y., Rosai, M. dan Rosiana, Eka S., 2014, Perencanaan Sistem BTS Hotel DCS TSEL 1800 MHz di Area Sentul City, *Jurnal ICT Penelitian dan Penerapan Teknologi Akademi Telkom Sandhy Putra Jakarta*, Jakarta.
- [20] Nealfindra, C.D, Wijanto, H. dan Mufti, N., 2014, Analisis perencanaan BTS Hotel dengan Teknologi GSM dan UMTS di Kota Bandung, Bandung.
- [21] Putra, Bagas P., 2015, Analisis Perancangan Hotel BTS pada Mass Rapid Transport di Surabaya, *Skripsi*, T. Elektro, ITS, Surabaya.
- [22] Suryana, Joko, BTS Hotel: Technical Concept and Market Overview.
- [23] Sari, Dian K., *Regulasi Telekomunikasi; Alokasi Frekuensi Seluler di Indonesia*
- [24] Suprpto, Danang, CWDM Workshop.