

Analisa Efektifitas Ran Sharing Pada Perusahaan Telekomunikasi (Studi Kasus RAN Sharing XL-Indosat)

Moch Umar Hidayat

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Tangerang, Banten
umar@umt.ac.id

Abstrak

Kajian mengenai *network sharing* dan *RAN (Radio Access Networks) Sharing* sudah dilakukan oleh beberapa pakar telekomunikasi ataupun organisasi yang fokus terhadap perkembangan teknologi industri telekomunikasi. Penerapan teknik *RAN Sharing* oleh operator telekomunikasi perlu dilakukan dengan adanya aturan hukum atau regulasi yang mengatur tentang proses dan pelaksanaan kerjasama antar operator sehingga akan berjalan secara teratur. Beberapa riset telah mengungkapkan bahwa sebuah operator akan melakukan efisiensi sekitar 40 % – 60 % pada *opex* dan *capex* jika menerapkan *RAN Sharing*. Di Indonesia sudah ada 2 operator yang sudah menerapkan *RAN Sharing* yaitu operator XL dan Indosat. Kerjasama ini sudah dijalin sejak tahun 2012 dan hal ini perlu dikaji kembali efektifitasnya terhadap manajemen strategis perusahaan telekomunikasi.

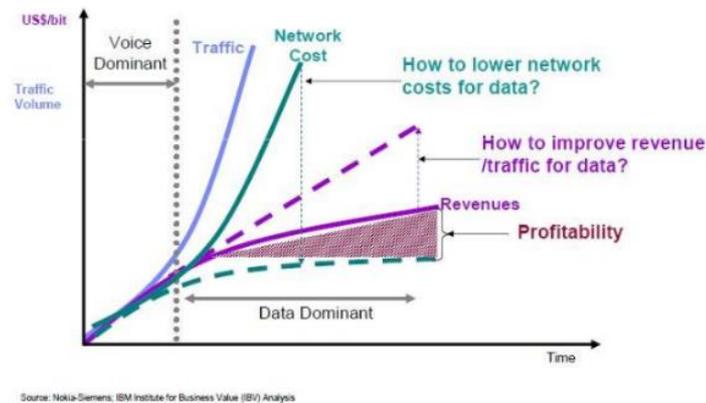
Keywords: *Capex; Network Sharing; Operator; Opex; RAN*

DOI: 10.22441/incomtech.v10i1.7410

1. PENDAHULUAN

Pembangunan BTS (*Base Transceiver Station*) tidak terlepas dari proses perencanaan dan anggaran biaya perusahaan yang harus dikeluarkan. Anggaran biaya pembangunan BTS merupakan biaya terbesar dari perusahaan telekomunikasi, sedangkan di sisi lain biaya operasional juga tidak sedikit, sehingga para pelaku usaha bisnis telekomunikasi dituntut untuk berpikir keras dalam proses penentuan anggaran perusahaan atau *Capital Expenditure (CAPEX)* dan anggaran operasional atau *Operational Expenditure (OPEX)* [1][2].

Budget pembangunan network harus dihitung ulang, sehingga di sinilah peluang bagi vendor penyedia perangkat BTS untuk menawarkan teknologi baru untuk mendukung para operator dalam mengembangkan jaringan dengan memberikan penawaran penyediaan perangkat dengan harga yang lebih rendah [3][4][5].



Gambar 1. Peningkatan kebutuhan *traffic* dan penurunan *revenue* [6]

Perkembangan teknologi mulai bergerak ke arah *mobile broadband*, dimana kecenderungan penetrasi layanan *voice* terhadap layanan data semakin menurun. Kebutuhan akan layanan *broadband* tersebut akan memerlukan *resource bandwidth* maupun spektrum frekuensi yang sangat besar sedangkan ketersediaan spektrum sangatlah terbatas. Keadaan tersebut diperlihatkan pada Gambar 1.

Beberapa perusahaan telekomunikasi maupun vendor telekomunikasi telah menawarkan teknologi *RAN sharing* sebagai solusi persoalan krisis biaya operasional pada sebuah perusahaan atau operator telekomunikasi. Pendapat tentang besaran nilai biaya operasional (*opex*) dan biaya perusahaan (*capex*) sudah dikemukakan bahwa dengan menerapkan teknologi *RAN sharing* sebuah perusahaan akan menghemat sekitar 40% - 60% *opex dan capex*.

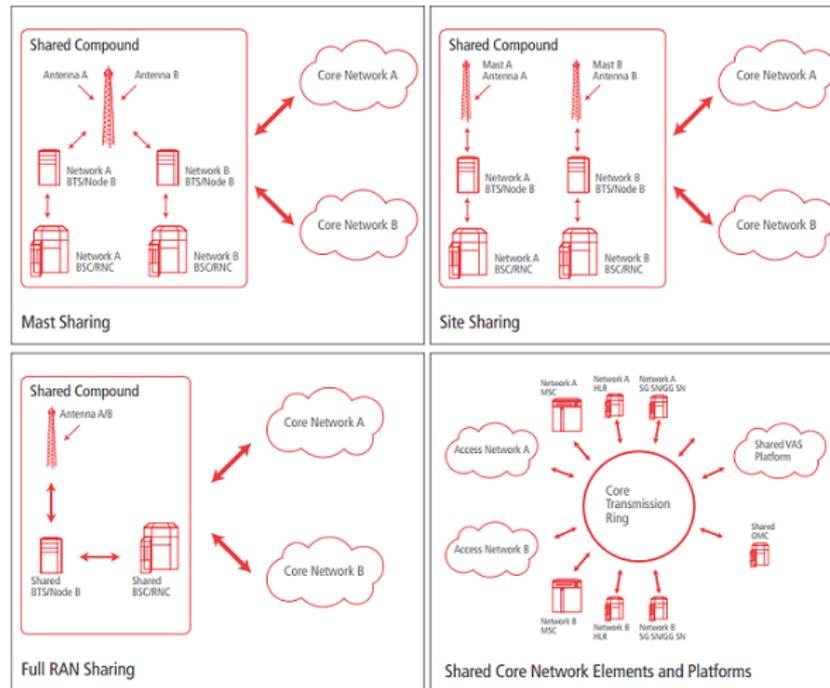
Pada penelitian kali ini bertujuan untuk memberikan gambaran bagaimana proses *RAN sharing* dan apa saja faktor-faktor yang dapat mempengaruhi adanya penghematan *opex dan capex*.

2. METODE

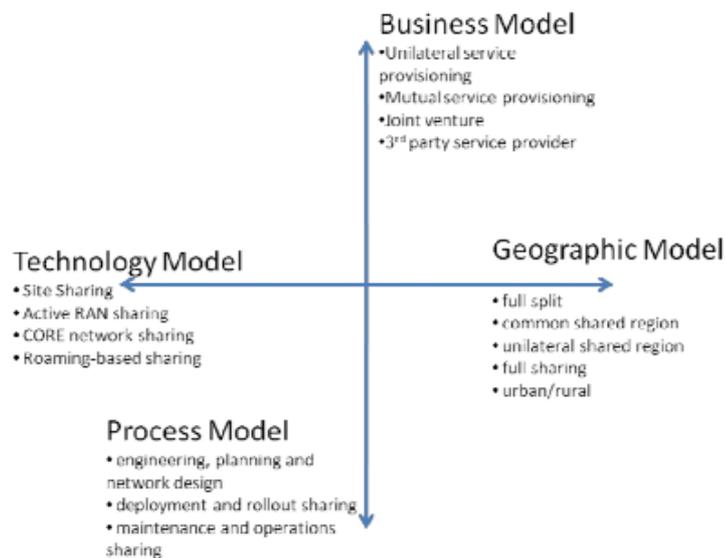
Network sharing dapat dilakukan dengan beberapa tipe berdasarkan infrastruktur jaringan. *Network sharing* dibagi menjadi 3 tipe, yaitu (i) *passive sharing*, (ii) *active sharing* dan (iii) *roaming-based sharing* [6][7]. Hal ini diperlihatkan pada Gambar 2.

Passive sharing mengacu pada sharing infrastruktur pasif, seperti sharing lokasi, site dan tower. *Active sharing* adalah tipe yang lebih kompleks dan dilakukan pada unsur-unsur jaringan, seperti antena, RBS (*Radio Base Station*), BSC (*base station controller*), backhaul, backbone transmisi dan OSS (*Operations Support Systems*). *Roaming-based sharing* berdasarkan pada konteks sharing networks mengandung arti bahwa satu operator bergantung pada *coverage* operator lain, biasanya dilakukan pada daerah tertentu yang belum semua operator bisa membangun infrastruktur jaringan ataupun roaming antar operator dan antar Negara.

Network sharing dapat ditandai berdasarkan pada empat model, yaitu didasarkan pada model bisnis, geografis, teknologi dan dari segi proses [8]. Gambar 3 memperlihatkan sebuah model *network sharing*.



Gambar 2. Infrastruktur *sharing* [6]



Gambar 3. Model *network sharing* [8]

2.1. Kerjasama *RAN sharing* XL-Indosat

Operator XL dan Indosat melakukan kerjasama *RAN sharing* sebagai salah satu strategi perusahaan untuk meningkatkan daya saing, meningkatkan cakupan area network dan strategi penanganan anggaran belanja perusahaan. Kerjasama ini sudah dilakukan sejak tahun 2012 dengan menerapkan kerjasama single RAN untuk memenuhi kebutuhan *coverage* diantara kedua operator tersebut. Kerjasama ini mengedepankan pada kebutuhan *coverage* pada lokasi tertentu yang belum semua operator bisa membangun BTS pada lokasi tersebut.

2.2. BTS XL sebagai *home RAN sharing*

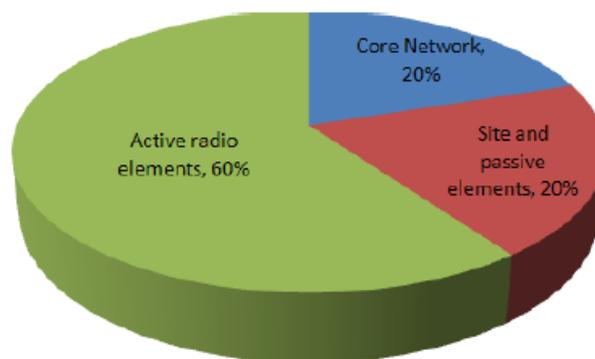
Sebagai *home RAN sharing* mengandung arti bahwa network XL mempunyai peran sebagai jaringan yang ditumpangi oleh jaringan indosat. Dalam hal ini didalam BTS XL terdapat juga BTS indosat dengan menggunakan infrastruktur jaringan yang sama tetapi menggunakan frekuensi sesuai spektrum masing-masing operator.

2.3. Kebutuhan BTS

Kebutuhan BTS sangat erat kaitannya dengan proses kegiatan marketing, tingkat kebutuhan dan tingkat kepuasan pelanggan [1][2]. Banyaknya BTS sebuah operator menjadi kelebihan tersendiri, terutama pada operator besar makin berlomba-lomba untuk menambah jumlah BTS untuk memenuhi kebutuhan pelanggan dan rekomendasi pemerintah agar para operator mendukung tercapainya pemerataan kebutuhan telekomunikasi nasional hingga tingkat kecamatan. Tingkat kepuasan pelanggan tidak hanya bergantung pada content ataupun fitur-fitur yang ditawarkan operator kepada pelanggan, tetapi yang terpenting adalah ketersediaan coverage sinyal ditempat-tempat strategis dan bahkan semua tempat memerlukan sinyal.

Biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan telekomunikasi untuk melakukan proses roll out atau project pendirian BTS, upgrade BTS biasanya masuk dalam kategori CAPEX, sedangkan biaya untuk proses operasional, maintenance dan monitoring masuk kategori OPEX.

Gambar 4 memperlihatkan nilai investasi yang dialokasikan oleh operator telekomunikasi.



Gambar 4. Alokasi investasi [8]

2.4. Implementasi *RAN Sharing*

Kerjasama *RAN sharing* antara XL dan Indosat saat ini dilakukan berdasarkan jumlah BTS dan tidak menutup kemungkinan akan bertambah kategori yang lain. Selain itu kerjasama *RAN sharing* secara bertahap dimulai dari BTS Inbuilding coverage (IBC) karena mempertimbangkan kesiapan jalur *backbone* dan *traffic*. Untuk BTS makro dari kedua perusahaan telekomunikasi ini belum bisa memenuhi *RAN sharing* karena sudah dialokasikan untuk kebutuhan masing-masing operator, hal ini menjadi tugas masing-masing operator untuk mempersiapkan proses upgrade kapasitas *backbone* agar proses *RAN sharing* juga bisa dilakukan pada BTS makro.

2.5. Metode RAN sharing XL – Indosat pada BTS existing

2.5.1. Insert cell

Pada RBS (*Radio Base Station*) secara umum terdapat 3 sektor, tetapi implementasi pada BTS tipe *picocell* hanya menggunakan 1 atau 2 sektor saja dan sektor 3 tidak dipakai. Dengan metode *RAN sharing*, maka sektor 3 inilah yang akan digunakan untuk cell indosat dengan menggunakan penamaan cell dan frekuensi indosat, sehingga yang dipancarkan oleh sektor 3 hanya untuk coverage indosat saja. Dengan demikian di dalam 1 RBS digunakan oleh 2 operator, dimana sector 1 dan 2 digunakan oleh operator XL dan sektor 3 digunakan untuk operator Indosat. Ilustrasi dari diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Penggunaan sektor 3 oleh cell Indosat.

BTS ID	Name Site	Site Type	System	Site Owner	Alokasi BSC	RBS Data Cell A	RBS Data Cell B	RBS Data Cell C
PC030	Ratu Plaza	Picocell	2G	XL	BJKT20	PC0301	PC0302	IA20979

Selain itu, dilakukan juga proses insert RBS. Proses insert RBS diperlihatkan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. RBS *eksisting* sebagai home RAN sharing

BTS ID	Name Site	Site Type	System	Site Owner	Alokasi BSC	RBS Data Cell A	RBS Data Cell B	RBS Data Cell C
PC030	Ratu Plaza	Picocell	2G	XL	BJKT20	PC0301	PC0302	

Tabel 3. RBS baru sebagai RBS indosat

BTS ID	Name Site	Site Type	System	Site Owner	Alokasi BSC	RBS Data Cell A	RBS Data Cell B	RBS Data Cell C
PC030	Ratu Plaza Indosat	Picocell	2G	XL	BJKT20	IA20977	IA20978	

Data pada Tabel 2 dan Tabel 3 merupakan data cell plan untuk BTS *RAN sharing* XL-Indosat pada BTS PC030, dimana BTS *home RAN sharing* menggunakan 2 sektor yaitu cell A dan cell B, sedangkan untuk indosat juga membutuhkan 2 cell. Solusi untuk kondisi seperti ini adalah dengan penambahan RBS baru sebagai BTS indosat.

2.6. Operasional dan maintenance RAN sharing

Untuk memberikan layanan selular dalam suatu cakupan area, maka ditempatkan banyak BTS yang letaknya tersebar. BTS - BTS tersebut dituntut untuk aktif dan berfungsi dengan sempurna. Oleh karena itu dibutuhkan suatu pusat pemantauan dan perawatan jaringan yang disebut *Operation and Maintenance (O&M)*.

2.6.1. Monitoring

Bagian monitoring pada operator telekomunikasi biasa disebut *Network Operation Center (NOC)*. *Network Operation Center (NOC)* Adalah tempat administrator yang mengawasi, memantau dan mengamankan jaringan komunikasi.

2.6.2. Troubleshooting

Petugas lapangan yang bertugas melakukan perbaikan pada perangkat BTS biasa disebut *Field Maintenance (FM)*. Tugas Utama field maintenance adalah sebagai tim yang bertugas untuk melakukan perbaikan terhadap permasalahan yang terjadi pada perangkat BTS.

2.6.3. Reporting

Salah satu data yang dibutuhkan adalah *data performance* BTS dan network secara keseluruhan yang menggambarkan kondisi jaringan. Dalam hal ini proses reporting performansi jaringan tetap dilakukan pada operator sebagai *home RAN sharing*, sehingga client operator hanya melakukan *controlling* terhadap data performa.

2.6.4. Upgrading

Penambahan perangkat atau penambahan kapasitas jaringan pada BTS RAN sharing dilakukan oleh operator yang bertindak selaku home RAN, dalam hal ini dilakukan oleh PT XL Axiata. Kapasitas maksimal pada sebuah BTS RAN sharing sudah menjadi kesepakatan kedua operator sehingga pada kondisi maksimal dan tidak bisa dilakukan penambahan, maka upgrade kapasitas tidak bisa dijalankan.

2.7. Perhitungan Ekonomis

2.7.1. Pembangunan BTS

Pembangunan BTS baru merupakan proses pengembangan jaringan yang dilakukan oleh perusahaan telekomunikasi dalam rangka memenuhi kebutuhan pelanggannya. Kebutuhan coverage dan akses komunikasi adalah kebutuhan yang selalu berkembang dan meningkat seiring perkembangan konten-konten yang dibutuhkan pelanggan sehari-hari.

2.7.2. Operator sebagai site owner

Operator sebagai site owner mengandung pengertian bahwa BTS menjadi tanggung jawab perusahaan telekomunikasi tersebut dari proses sewa, perawatan infrastruktur dan maintenance. Dalam hal ini operator sebagai pihak yang menyewa lahan langsung ke pemilik lahan dan berhak sepenuhnya atas segala sesuatu yang berkaitan dengan pembangunan BTS, penambahan perangkat, perawatan perangkat BTS bahkan bisa menyewakan kembali area atau space kepada operator lain apabila

memungkinkan untuk dilakukan infrastruktur sharing dilokasi tersebut. Biaya (rata-rata) pembangunan BTS dengan own owner diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Biaya (rata-rata) pembangunan BTS dengan own owner

	Biaya (Rata-Rata)		
	Makro Cell	Pico Cell	Mikro Cell
Total (Rp)	953.000.000	356.000.000	105.000.000

2.7.3. Operator sebagai penyewa infrastruktur

Di Indonesia sudah banyak perusahaan tower provider atau multioperator yang melakukan bisnis menyewakan infrastruktur jaringan baik untuk kebutuhan RTS macrocell maupun picocell. Biasanya untuk BTS macrocell tower provider sudah menyediakan lahan untuk penempatan RBS, koneksi power dan tower. Jadi operator hanya menyediakan perangkat RBS, antenna system, perangkat transmisi dan power DC (jika belum termasuk dalam RBS). Sedangkan untuk BTS picocell multioperator akan menyediakan lahan, antenna system dan power system (AC). Sehingga operator hanya perlu mempersiapkan perangkat RBS, perangkat transmisi dan power DC (jika belum termasuk dalam RBS).

Rincian kebutuhan biaya pembangunan BTS jika operator menyewa jaringan ke tower provider atau multioperator ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Biaya pembangunan BTS dengan menyewa jaringan

	Biaya (Rata-Rata)		
	Makro Cell	Pico Cell	Mikro Cell
Total (Rp)	688.000.000	670.000.000	75.000.000

2.7.4. Operator menerapkan RAN sharing

Pada implementasi RAN sharing, pembangunan BTS tidak memerlukan proses survey, sitac, sewa lahan baru, pendirian tower, penyediaan koneksi power dan lainnya seperti pada proses pembangunan BTS secara konvensional seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya. Pembangunan BTS RAN sharing akan menggunakan semua infrastruktur BTS yang sudah ada sebelumnya. Tabel 6 memperlihatkan biaya pembangunan BTS dengan RAN sharing.

Tabel 6. Biaya pembangunan BTS dengan RAN sharing

	Biaya (Rata-Rata)		
	Makro Cell	Pico Cell	Mikro Cell
Total (Rp)	125.000.000	125.000.000	33.000.000

2.8. Metode RAN sharing XL - Indosat

Penelitian ini dilakukan pada area jabodetabek yang meliputi daerah DKI Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang dan Bekasi.

2.8.1. Area urban

Area urban menjadi sumber penghasilan bagi operator telekomunikasi karena merupakan daerah padat dan terdapat berbagai macam aktifitas. Pada penelitian ini area urban diasumsikan pada area DKI Jakarta.

2.8.2. Area sub urban

Area Sub urban adalah wilayah yang memiliki tingkat kepadatan penduduk dan aktifitas manusia yang lebih rendah dibandingkan daerah urban. Pada penelitian ini area urban diasumsikan pada area Tangerang.

2.9. Biaya operasional

Biaya operasional adalah anggaran biaya yang harus dikeluarkan secara rutin untuk membiayai kegiatan-kegiatan pokok terkait jalannya perusahaan. Biaya yang timbul diantaranya adalah biaya bahan bakar atau *energy*, biaya pemakaian listrik dan biaya perawatan BTS.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis kebutuhan *data rate*

3.1.1. Perhitungan kebutuhan *data rate* area Residensial

Pada penelitian ini, perhitungan dilakukan pada area jabodetabek meliputi area DKI Jakarta, Bekasi, Depok, Kota Tangerang dan Tangerang Selatan. Perhitungan dilakukan dengan mengetahui jumlah penduduk, kemudian di asumsikan jumlah pelanggan sebesar 15% dari total jumlah rumah di wilayah tersebut.

Berikut formula yang digunakan untuk perhitungan kebutuhan *data rate* di area residensial:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah pelanggan (rumah)} &= \frac{\text{Jml penduduk}}{4} \times 0.15 \\ \text{Data rate (Mbps)} &= \text{jml pelanggan} \times \frac{384}{1.024} \times \frac{1}{20} \quad [10] \end{aligned} \quad (1)$$

3.1.2. Kebutuhan *data rate* pelanggan *corporate*

Berikut formula yang digunakan untuk perhitungan kebutuhan *data rate* di pelanggan *corporate*:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah pelanggan} &= \frac{\text{Jml penduduk}}{4} \times 0.15 \\ \text{Data rate (Mbps)} &= \text{jml pelanggan} \times \frac{384}{1.024} \times \frac{1}{20} \quad [10] \end{aligned} \quad (2)$$

3.1.3. Kebutuhan *data rate* pelanggan *Personal*

Berikut formula yang digunakan untuk perhitungan kebutuhan *data rate* di pelanggan *personal*:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah pelanggan} &= 0.61 \times 85.452 \times 0,2 \\ &= 10.425 \text{ pelanggan} \\ \text{Data rate (Mbps)} &= 10.425 \times \frac{256}{1.024} \times \frac{1}{30} \\ &= 86.875 \text{ Mbps} \quad [10] \end{aligned} \quad (3)$$

3.1.4. Kebutuhan *data rate* pelanggan *personal* di Jalan padat aktifitas

Berikut formula yang digunakan untuk perhitungan kebutuhan *data rate* di pelanggan *personal* di jalan padat aktifitas:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah pelanggan} &= \frac{4000 \times 0.8 \times 2}{70} \times 750 \times 0.2 \\ &= 13.714 \text{ pelanggan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Data rate (Mbps)} &= 13.714 \times \frac{256}{1.024} \times \frac{1}{30} \\ &= 114.2833 \text{ Mbps} \end{aligned} \quad [10] \quad (4)$$

3.1.5. Kebutuhan *data rate* pelanggan daerah khusus

Berikut formula yang digunakan untuk perhitungan kebutuhan *data rate* di pelanggan *personal* di daerah khusus :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah pelanggan} &= 5000 \times 0,5 \times 0,2 \\ &= 500 \text{ pelanggan} \\ \text{Data rate (Mbps)} &= 500 \times \frac{256}{1.024} \times \frac{1}{30} \\ &= 4.167 \text{ Mbps} \end{aligned} \quad [10] \quad (5)$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan kebutuhan *data rate* pada seluruh area sebagaimana ditampilkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Total kebutuhan *data rate* pada seluruh area

Area	Jumlah Penduduk	Kebutuhan Data Rate (Mbps)					Total BW (Mbps)
		Kebutuhan Data Rate (Mbps) Pelanggan Corporate	Kebutuhan Data Rate (Mbps) Pelanggan Personal	Kebutuhan Data Rate (Mbps) Pelanggan Area Permukiman	Kebutuhan Data Rate (Mbps) Pelanggan di Jalan Padat	Kebutuhan Data Rate (Mbps) Pelanggan di Daerah Khusus	
DKI Jakarta	9.986.010	7004,154	1400,623	10152,444	2334,371	10,830	20902,421
Bekasi	2.370.695	758,285	70,245	2410,210	312,200	0	3550,920
Depok	1.630.047	466,670	86,655	1657,210	385,133	2,500	2598,198
Tangerang Selatan	1.214.727	247,104	110,100	1234,970	489,333	2,920	2084,427
Kota Tangerang	1.559.896	277,443	64,695	1585,890	287,533	10,000	2225,561
Total	16.761.375	8753,666	1732,318	17040,724	3808,570	15,420	31361,527

3.2. Perencanaan kebutuhan *base station*

Perencanaan kebutuhan BTS (*Base Tranceiver Station*) dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu penentuan daerah layanan, perhitungan jumlah pertumbuhan penduduk, pertumbuhan jumlah pelanggan seluler, perhitungan kapasitas trafik, perhitungan path loss/propagasi dan perhitungan jumlah BTS dan menara telekomunikasi [9].

Dalam melakukan perhitungan jumlah *base station* diperlukan data luas wilayah, data *pathloss* dan kebutuhan *cell coverage* wilayah tersebut berdasarkan kategori wilayah. Kebutuhan *cell coverage* ditentukan dengan menentukan jarak jangkauan maksimum BTS (*Base Tranceiver Station*) dengan menentukan nilai *pathloss* yang merupakan perbandingan antara daya *output* dengan daya *input* dan SNR (*Signal to Noise Ratio*) [9].

Dengan melakukan perhitungan jumlah *base station* berdasarkan jangkauan sel, *link budget* dan pemetaan wilayah geografis, maka didapatkan jumlah kebutuhan *base station*. Tabel 8 memperlihatkan perbandingan *base station* yang sudah ada dengan plan *RAN sharing*.

Tabel 8. Perbandingan *base station* yang sudah ada dengan plan *RAN sharing*

Area	BTS <i>existing</i>	Plan BTS baru
DKI Jakarta	525	232
Bekasi	231	35
Depok	267	35
Tangerang Selatan	138	26
Kota Tangerang	230	29

3.3. Analisa investasi

3.3.1. Capex dan Opex *RAN sharing*

Dengan memperhitungkan faktor anggaran untuk kebutuhan biaya yang timbul pada BTS, tambahan jumlah RBS, core dan backhaul, maka kebutuhan capex dan opex diperlihatkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Capex *RAN sharing*

Tahun	CAPEX (2 operator) IDR	CAPEX (3 operator) IDR
1	114.260.000.000	85.506.666.667
2	49.595.000.000	42.396.666.667
3	49.595.000.000	42.396.666.667
4	38.188.150.000	32.645.433.333
Total	251.638.150.000	202.945.433.334

3.3.2. Analisa bisnis

Tabel 10 memperlihatkan perbandingan antara Capex dan Opex. Pada tabel tersebut terlihat bahwa *RAN sharing* akan menghemat biaya capex maupun opex. Hal ini dikarenakan semakin banyak jumlah operator akan makin banyak pula penghematan yang dapat dilakukan.

Tabel 10. Perbandingan *Capex dan Opex RAN sharing*

Operator	BTS	Anggaran		Prosentase biaya operator	
		CAPEX (IDR)	OPEX (IDR)	CAPEX	OPEX
1	357	397.716.300.000	342.431.609.000	100%	100%
2	357	503.276.300.000	378.638.409.000	63.27%	55.29%
3	357	608.836.300.000	414.845.209.600	40.32%	36.52%

4. KESIMPULAN

Dari hasil Analisa yang sudah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan bahwa kebutuhan jumlah BTS sangat dipengaruhi oleh kebutuhan data rate. Pelaksanaan operasional dan maintenance jaringan BTS *RAN sharing* dilakukan oleh site owner atau home *RAN sharing* dari aspek monitoring, troubleshooting, maintenance rutin dan laporan performa jaringan. Sehingga dapat menghemat anggaran biaya operasional. *RAN sharing* yang dilakukan oleh 2 operator akan menghemat biaya capex sebesar 36.73% dan opex 44.71% dan apabila dilakukan oleh 3 operator akan

menghemat biaya capex sebesar 59.68% dan opex 63.48%. Jadi semakin banyak operator yang melakukan *RAN sharing* akan semakin menghemat anggaran biaya perusahaan.

REFERENSI

- [1] T. Sanguanpuak, S. Guruacharya, E. Hossain, N. Rajatheva, and M. Latva-Aho, "Infrastructure Sharing for Mobile Network Operators: Analysis of Trade-Offs and Market," *IEEE Transaction of Mobile Computing*, vol. 17, no. 12, pp. 2804–2817, 2018.
- [2] M. A. Habibi, M. Nasimi, B. Han and H. D. Schotten, "A Comprehensive Survey of RAN Architectures Toward 5G Mobile Communication System," in *IEEE Access*, vol. 7, pp. 70371-70421, May 2019. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2919657
- [3] A. Gupta, V. Aggarwal, R. Bhattacharya, T. Kukal, S. Singh and S. Aniruddhan, "System Budget to System Realization-A 5G mm-wave Beamformer Perspective," *2019 International Conference on Electromagnetics in Advanced Applications (ICEAA)*, Granada, Spain, 2019, pp. 1351-1355. DOI: 10.1109/ICEAA.2019.8878913
- [4] Y. Rizal, "Evaluasi Strategi Pengembangan Jaringan Telekomunikasi dengan Blue Ocean Strategy," *InComTech: Jurnal Telekomunikasi dan Komputer*, vol. 6, no. 1, pp. 45-68, April 2015. DOI: 10.22441/incomtech.v6i1.1148
- [5] D. E. Meddour, T. Rasheed, and Y. Gourhant, "On the role of infrastructure sharing for mobile network operators in emerging markets," *Computer Networks*, vol. 55, no. 7, pp. 1576–1591, May 2011. DOI: 10.1016/j.comnet.2011.01.023
- [6] F. Prampilini, "Telco 2015 five telling years , four future scenarios," *IBM Cooperation*, 2010.
- [7] M. Zhang and J. Huang, "Efficient Network Sharing With Asymmetric Constraint Information," in *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 37, no. 8, pp. 1898-1910, August 2019. DOI: 10.1109/JSAC.2019.2927136
- [8] GSM Association, "Mobile Infrastructure Sharing," *GSMA White Pap.*, pp. 1–23, September 2012.
- [9] A. G. Palilu, "Studi Awal Perencanaan Jumlah Kebutuhan BTS dalam Penerapan Menara Bersama Telekomunikasi di Kota Palangka Raya," *Buletin Pos dan Telekomunikasi*, vol. 12, no. 4, pp. 269-278, November 2014. DOI: 10.17933/bpostel.2014.120403
- [10] D. Riyansyah, "Analisa Kelayakan Migrasi BTS 3G Berbasis WCDMA Menuju Jaringan LTE di DKI Jakarta. (Studi Kasus: PT Telkomsel)," *Tesis*, Universitas Indonesia, pp. 1–57, 2010.