

## Penerapan *Sharing Antenna* BTS di Semarang

Ervina Sukoriyanti<sup>1</sup>, Ari Endang Jayati<sup>2</sup>, Budiani Destyningtias<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Semarang  
Jl. Soekarno Hatta, Semarang, 50196

Email: ervina.suko@gmail.com, ariendang@usm.ac.id, budiani\_desty@yahoo.co.id

(Received: 2 April 2015; Revised: 15 Juni 2015; Accepted: 27 Juni 2015)

### ABSTRAK

*Pesatnya perkembangan telekomunikasi di Indonesia khususnya telekomunikasi seluler membuat beberapa perubahan di negara tersebut. Sisi positifnya negara tersebut menjadi maju dan modern, sedangkan sisi negatifnya negara tersebut mengalami perubahan tata letak ruang atau sistem tata kota yang tidak rapi. Semakin banyaknya tower seluler menjadi penyumbang utama terciptanya hutan menara di suatu negara. Untuk mengatasi hal tersebut, dari sisi pemerintahan mengeluarkan beberapa peraturan terkait pembangunan tower baru, kemudian dari sisi perusahaan atau vendor terkait sarana dan prasarana tersebut berlomba-lomba menciptakan suatu perangkat yang lebih canggih, efisien, efektif yang tentu saja lebih ramah lingkungan dengan harga yang terjangkau. Salah satu contohnya adalah perangkat antenna multi band, yaitu perangkat antenna yang bisa melayani beberapa range frequency yang berbeda atau range frequency tertentu. Dengan adanya perangkat antenna tersebut akan memungkinkan terjadinya sistem antenna sharing dalam satu operator ataupun antar operator. Penelitian telah dilakukan pada bulan Maret 2013 s.d Agustus 2013 di PT. Indosat Semarang dan di lokasi BTS atau Site Tanah Putih. Peneliti menggunakan instrumen perangkat drivetest untuk mengumpulkan data. Nilai performansi dari sebuah BTS seperti HOSR, SDSR, TDR, SDR, TCHBR, CSSR, dan DCR menunjukkan bahwa sebelum dan sesudah upgrade antenna sharing dalam kondisi yang baik, nilai-nilainya telah melebihi threshold atau artinya telah termaintain dengan baik. Penerapan sistem antenna sharing pada sebuah operator sangat mungkin dilakukan dan terbukti bahwa penerapan tersebut menciptakan efisiensi dan efektifitas yang sesuai dengan yang diharapkan.*

**Kata Kunci:** Antena Multi-Band, Antenna Sharing, Operator Seluler, Range Frequency, Telekomunikasi Seluler,

### ABSTRACT

*The rapid development of telecommunications in Indonesia, particularly mobile telecommunications make some changes in the country. The plus side is the country will be developed and modern, while the negative side is the country will be changed the layout of urban space or system that is not good for looking. Increasing number of mobile tower will be a major contributor to the creation of the tower forest. To overcome this, the government issued a number of regulations related to the construction of a new tower, then the company or vendor producing the software required by operators or mobile telecommunications provider, competing to create a device more sophisticated, efficient, effective course more environmentally friendly at an affordable price. One example is the multi-band antenna, the antenna device that can serve different frequency range or a specific frequency range. As with any antenna will allow the sharing of a single antenna system operator or between operators. The research was conducted in March 2013 till August 2013 in PT. Indosat Semarang and at the location of base stations or Site Tanah Putih. Researchers used instruments drivetest device to collect data. The value of the performance of a BTS as HOSR, SDSR, TDR, SDR, TCHBR, CSSR and DCR showed that before and after the upgrade antenna sharing in good shape, the values have exceeded the threshold or means have termaintain well. Application of the antenna system on an operator sharing is feasible and proved that the application creates efficiency and effectiveness as expected.*

**Keywords:** Antenna Sharing, Multi-Band Antenna, Mobile Operator, Mobile Telecommunication, Range Frequency,

---

**Corresponding Author:**

Ari Endang Jayati,  
Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik,  
Universitas Semarang,  
Email: ariendang@usm.ac.id

---

## Pendahuluan

Seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi seluler, juga dipicu oleh kebutuhan konsumen yang menginginkan kualitas suara, kapasitas dan kecepatan data yang terbaik dari suatu operator dalam pelayanannya, menjadikan semua operator berlomba-lomba untuk memberikan pelayanan yang terbaik kepada konsumen. Salah satu tuntutan yang paling sering diinginkan pelanggan adalah jangkauan jaringan yang luas tanpa terputus dengan harga yang sangat murah dan kualitas jaringan yang bagus.

Operator telekomunikasi selalu ingin memberikan layanan secara optimal dengan harga yang terjangkau kepada pelanggannya, hal itu dilakukan dengan cara menjaga performansi suatu jaringan dan selalu melakukan optimalisasi jaringan. Selain itu, operator telekomunikasi juga memperluas jangkauan dengan cara memperbanyak pendirian menara baru (*new site*).

Namun tanpa disadari pendirian *new site* yang berjumlah ratusan bahkan ribuan tersebut membuat semakin menjamurnya *tower-tower* baru yang sangat merusak pemandangan terutama di wilayah perkotaan. Oleh karena itu, sangat perlu dibuatkan solusi untuk mengatasi tersebut. Sekarang pemerintah telah mulai bertindak *protective* terhadap wilayahnya dari pembangunan menara *BTS* tersebut. Berbagai inisiatif telah dikemukakan baik dari kalangan akademis maupun dari para instansi yang bergerak dalam dunia ini misalnya para perencana atau *designer* struktur *tower*. Perlunya *tower-tower sharing* untuk *multi-operator* sekarang sudah mulai dikembangkan. Terutama sistem *colocation* yaitu penggunaan *tower existing* suatu operator untuk bisa digunakan oleh beberapa operator lain. Dan hal ini telah mulai dikembangkan oleh para *provider* dan *vendor* telekomunikasi.

Perencanaan *steel antenna tower* sangat penting dan banyak dijumpai pada saat ini. Hal ini akibat semakin berkembang pesatnya teknologi komunikasi, sebagai contoh karena semakin banyaknya pengguna layanan komunikasi *mobile phone* dengan teknologi *CDMA* maupun *GSM*. Oleh karena itu pihak pengembang teknologi tersebut banyak membangun maupun merencanakan ulang *tower* untuk memperluas jaringan atau sinyal komunikasi. Perencanaan ulang *tower* yang sudah ada dilakukan untuk meningkatkan kapasitas beban

antena, sehingga jaringan sinyal dapat menjangkau area yang lebih luas.

Bahkan saat ini banyak *vendor* telekomunikasi yang menciptakan inovasi baru demi efisiensi dan efektifitas suatu sarana dan prasarana telekomunikasi. Dalam hal ini yaitu terciptanya *antenna multiband*, yaitu *antenna* yang mampu melayani beberapa *range* frekuensi atau *band* frekuensi sekaligus yang dibutuhkan oleh suatu operator. Sehingga suatu operator dapat menggunakan satu *antenna* saja untuk memancarkan sinyal dengan beberapa jenis *range* frekuensi atau *band* frekuensi yang berbeda, *antenna* tersebut memiliki 4 *port* konektor untuk jenis yang *Dual band* dan 6 *port* konektor untuk jenis yang *triple band*.

Salah satu contoh operator yang sudah menggunakan teknologi *antenna triple band* (*antenna 6 port*) tersebut adalah PT. Indosat, namun untuk saat ini belum sepenuhnya diaplikasikan pada semua *site*, rata-rata hanya 4 *port* yang sudah digunakan, yaitu 2 *port* untuk *GSM* dan 2 *port* untuk *DCS*. Dalam hal ini kami mengambil *sample* pada *BTS* Tanah Putih yang berada di wilayah Semarang Jawa Tengah, yang telah menggunakan sepenuhnya 6 *port* tersebut, yaitu 2 *port* untuk *GSM*, 2 *port* untuk *DCS*, dan 2 *port* untuk *3G*. Dengan adanya teknologi *antenna* yang bisa memancarkan beberapa sinyal (*band frequency*) maka sangat dimungkinkan adanya *antenna sharing* antar operator telekomunikasi..

## Metode Penelitian

Penelitian telah dilakukan pada bulan Maret 2013 s.d Agustus 2013 di PT. Indosat Semarang dan di lokasi *BTS* atau *Site* yang dijadikan sampel dalam penelitian.

Berikut ini adalah gambar dari lokasi *BTS* atau *Site* yang dijadikan sampel dalam penelitian ini, yaitu *BTS* atau *Site* Tanah Putih yang berlokasi di Jalan Dr. Wahidin No. 25 Semarang:



Gambar 1. *Site* tanah putih

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode studi kasus (*case study*), yaitu sebuah eksplorasi yang mendalam dari sebuah situasi (*Cornford and Smithson, 2006*). Metode ini digunakan untuk membuktikan bahwa sistem *antenna sharing* dapat diterapkan baik pada satu operator ataupun pada beberapa operator sekaligus.

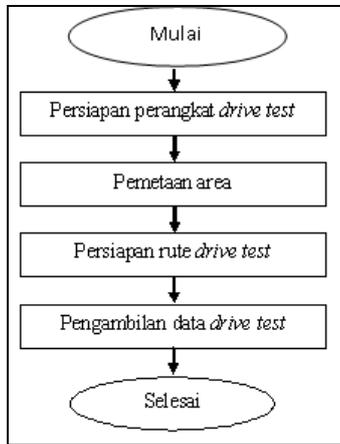
Jalannya penelitian meliputi dua tahap, yaitu:

**1. Tahapan Drivetest Awal**

Yaitu *drivetest* yang dilakukan sebelum penerapan sistem *sharing antenna* BTS pada Site Tanah Putih.

**2. Tahapan Drivetest Akhir**

Yaitu *drivetest* yang dilakukan setelah penerapan sistem *sharing antenna* BTS pada Site Tanah Putih.



Gambar 2. Flowchart *drivetest*

Langkah pemrosesan *drivetest* ini untuk mendapatkan nilai akhir dari hasil uji *KPI Drivetest* sebagai berikut:

- Mengekspor DT *log file* untuk Tab File menggunakan TEMS.
- Membuka target plot wilayah dengan menggunakan MapInfo.
- Menambahkan ekspor DT *file log* (\*.tab) pada lapisan cakupan sasaran plot.
- Melakukan seleksi pada target *plot* wilayah.
- Memilih ekspor data ke *excel*.

Peneliti menggunakan instrumen perangkat *drivetest* untuk mengumpulkan data. Instrumen perangkat *drivetest* dipilih dengan alasan bahwa *drivetest* merupakan cara yang tepat untuk mengumpulkan data dari hasil pengukuran kualitas sinyal suatu jaringan di lapangan. *Drivetest* juga digunakan untuk melihat kondisi jaringan di lapangan (*customer experience*) baik secara *mobile* maupun *static*.

Jenis data yang digunakan adalah data *numeric*, yaitu data yang berupa angka atau nominal yang nantinya menjadi tolok ukur perbandingan

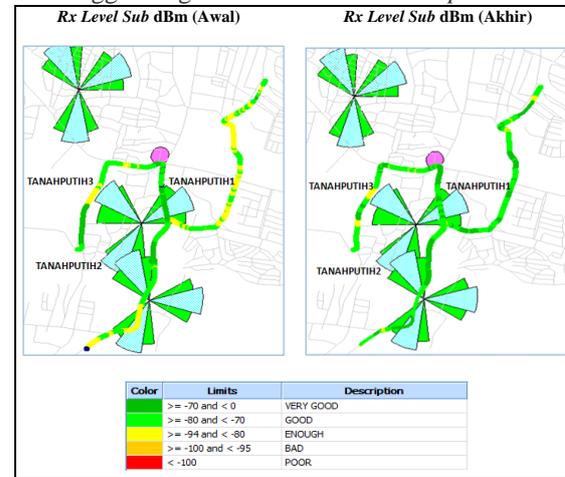
antara kondisi nyata di lapangan dengan nilai standar kualitas jaringan yang diharapkan.

**Hasil dan Pembahasan**

Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah parameter yang menentukan kualitas dan performansi dari sebuah *coverage* BTS, yaitu *RX Level Sub (dBm)* dan *RX Qual*. Adapun penjelasannya adalah sebagai berikut:

**1. RX level Sub (dBm)**

*RX Level Sub* seperti ditunjukkan pada Gambar 3 adalah level sinyal (*downlink*) yang diterima *handset* atau MS baik dalam kondisi *idle* maupun saat kondisi *dedicated*. Level ini akan sangat menentukan kemampuan *handset* untuk memanggil dengan memakai *bandwith uplink*.



Gambar 3. *Rx level sub (dBm)* [15]

Tabel 1 adalah kisaran uji *drivetest* untuk menghitung *Rx Level*, pada *drivetest* yang dilakukan yaitu antara rentang *Rx* tertinggi sampai *Rx* terendah GSM. Rentang Nilai untuk *Rx Level* sebagai berikut:

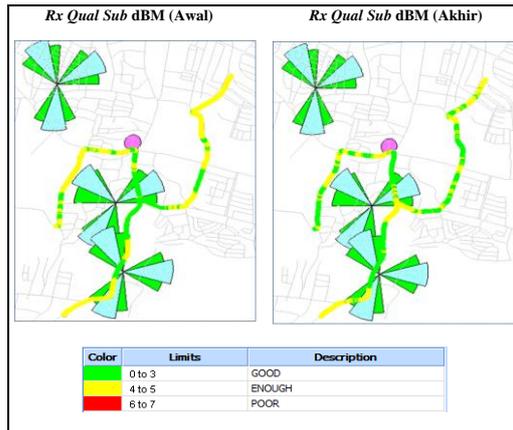
Tabel 1. Rentang Nilai *Rx Level* [14]

<i>RxLevel</i>	Warna	GSM	Kualitas
Level-1	Hijau tua	>= -70 dbm dan < 0 dbm	Sangat bagus
Level-2	Hijau muda	>= -80 dbm dan < -70 dbm	Bagus
Level-3	Kuning	>= -94 dbm dan < -80 dbm	Sedang
Level-4	Orange	>= -100 dbm dan < -95 dbm	Buruk
Level-5	Merah	< -100 dbm	Sangat buruk

Dari hasil pengukuran *Rx Level* di atas dapat disimpulkan bahwa *Rx Level* sebelum dan sesudah *upgrade antenna sharing* cenderung dalam kondisi kualitas yang Sedang hingga Sangat Bagus.

## 2. *Rx Qual*

*Rx Qual* yang merupakan tingkat kualitas sinyal penerimaan di *Mobile Station (MS)*, adalah kualitas sinyal suara (*voice*) yang diukur dalam BER seperti ditunjukkan Gambar 4. Nilai *Rx Qual* ini berfungsi sebagai penanda kualitas sinyal, apakah sudah bagus atau belum. Rentang nilai *Rx Qual* adalah antara 0 hingga 7, dimana nilai tersebut dipengaruhi oleh jumlah BER yang terjadi. Semakin besar nilai *Rx Qual*, maka semakin buruk kualitas sinyalnya.



Gambar 4. *Rx qual sub (dBm)*

Pada Tabel 2 adalah kisaran uji *drivetest* untuk menghitung *Rx Qual*, pada *drivetest* yang dilakukan yaitu antara rentang *Rx* tertinggi sampai *Rx* terendah GSM.

*Rx Qual* digunakan sebagai ukuran perfomansi hubungan antara MS dan BTS, maka perlu ditentukan *Rx Qual* minimum untuk mendapatkan perfomansi sistem yang memadai. Skala yang digunakan pada *Rx Qual* adalah 0 sampai 7. Pada Tugas Akhir ini, digunakan standar nilai *Rx Qual* sebagai berikut.

Tabel 2. Penetapan *Rx Qual* Berdasarkan BER [14]

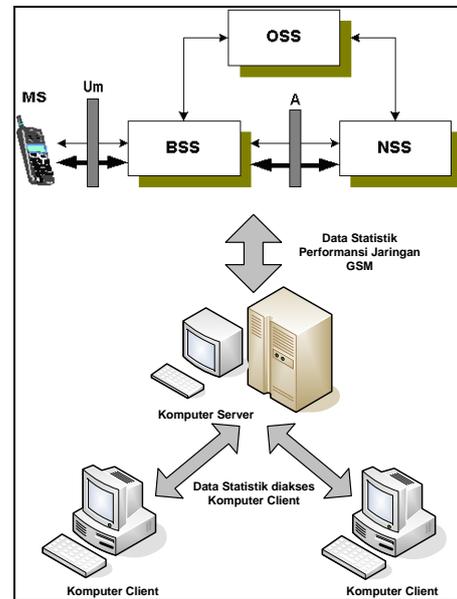
Rx Qual	Bit Error Rate (BER)
0	BER < 0,2 %
1	0,2 % < BER < 0,4 %
2	0,4 % < BER < 0,8 %
3	0,8 % < BER < 1,6 %
4	1,6 % < BER < 3,2 %
5	3,2 % < BER < 6,4 %
6	6,4 % < BER < 12,8 %
7	12,8 % < BER

Tabel 3. Rentang Nilai *Rx Qual* [14]

RxLevel	Warna	GSM	Kualitas
Level-1	Hijau	0 to 3	Bagus
Level-2	Kuning	4 to 5	Sedang
Level-3	Merah	6 to 7	Buruk

Dari hasil pengukuran *Rx Qual* pada Gambar 4 dan Tabel 3 dapat disimpulkan bahwa *Rx Qual* sebelum dan sesudah *upgrade antenna sharing* dalam kondisi kualitas yang Sedang hingga Bagus.

Gambar 5 adalah ilustrasi pengambilan data performansi yang dapat diakses melalui *interface* yang telah disediakan oleh vendor perangkat.



Gambar 5. Aliran data performansi BTS[24]

Pada perangkat NSN, *interface* yang digunakan untuk mengambil data performansi BTS yaitu aplikasi Citrix. Aplikasi Citrix ini berisi *database* dari semua informasi yang berkaitan dengan semua pengukuran perangkat BTS maupun BSC.

Berdasarkan pengamatan performansi yang dilakukan sejak tanggal 23 Maret 2013 hingga 15 April 2013 (*upgrade antenna sharing* dilakukan tanggal 4 April 2013) seperti pada Tabel 4 secara umum telah melebihi *threshold* atau termaintain dengan baik.

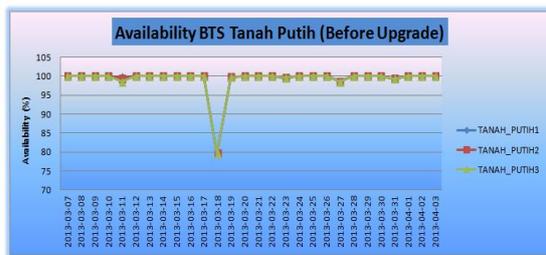
Tabel 4. Performansi KPI BTS Tanah Putih Sektor 1, 2, 3

KPI	THRESH OLD	BTS TANAH PUTIH		
		SEC-1	SEC-2	SEC-3
HOSR	95.00%	98.81	98.89	98.90
SDSR	95.00%	97.50	98.41	96.89
TDR	1.50%	2.45	1.20	3.11
SDR	1.00%	0.52	0.09	0.00
TCH BR	2.00%	1.62	0.39	0.00
CSSR	96.50%	99.27	99.45	99.03
DCR	2.00%	1.02	0.76	1.10

Namun jika dilihat performansinya, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

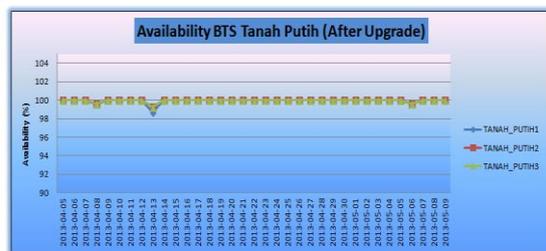
1. HOSR di BTS Tanah Putih Sektor-1, 2, 3 bagus.
2. SDSR di BTS Tanah Putih Sektor-1, 2, 3 bagus.
3. TDR di BTS Tanah Putih Sektor-1 dan 3 tinggi namun masih cukup bagus, dan BTS Tanah Putih Sektor-2 bagus.
4. SDR di BTS Tanah Putih Sektor-1, 2, 3 bagus.
5. TCHBR di BTS Tanah Putih Sektor-1, 2, 3 bagus.
6. CSSR di BTS Tanah Putih Sektor-1, 2, 3 bagus.
7. DCR di BTS Tanah Putih Sektor-1, 2, 3 bagus.

Untuk melihat performansi dari ketersediaan *hardware*/TRX di setiap sel dapat dilihat dalam data *Availability*. Data *availability* tersebut dapat menginformasikan sebuah sel dalam melayani sebuah trafik pembicaraan.



Gambar 6. *Availability* BTS tanah putih sektor-1, 2, 3 (before upgrade)

Jika dilihat dari Gambar 6 sebelum *upgrade* dan Gambar 7 setelah *upgrade*, dapat disimpulkan bahwa kondisi *hardware*/TRX BTS Tanah Putih Sektor 1, 2, dan 3 dalam kondisi baik. Dalam pengamatan yang dilakukan selama kurang lebih 1 bulan, yaitu dari tanggal 07 Maret 2013-03 April 2013, terdapat satu kali permasalahan yaitu “*high temperature*”. Walaupun demikian ketersediaan BTS dalam melayani sebuah trafik secara umum 100% atau maksimal.



Gambar 7. *Availability* BTS tanah putih sektor-1, 2, 3 (after upgrade)

Begitu pula dengan *availability* untuk DCS Tanah Putih dan Node B 3G2IP Tanah Putih baik

sebelum dan sesudah penerapan sistem *antenna sharing* diperoleh hasil yang maksimal.

Dari pengamatan data *availability* pada gambar 7, dapat dibuktikan bahwa tidak ada permasalahan *hardware* yang mempengaruhi *coverage* pada pelanggan di lokasi sekitar *Site* Tanah Putih setelah dilakukan penerapan sistem *antenna sharing*.

Beberapa kekurangan sistem *antenna sharing* apabila diterapkan pada antar operator, yaitu:

1. Arah *antenna* harus sama, maksudnya semua arah *antenna* dari ketiga sistem tersebut harus mengarah ke arah yang sama, padahal masing-masing operator pasti memiliki target pasar yang berbeda.
2. Setingan untuk *mechanical antenna* harus sama yaitu 0 derajat. Hal itu akan menyulitkan masing-masing operator untuk mengatur luas sempitnya lingkup area atau *coverage* yang diinginkan sesuai target masing-masing operator.
3. Prosedur perawatan atau *maintenance antenna* menjadi lebih panjang, karena harus melakukan permintaan terlebih dahulu atau *request* ke pihak yang berwenang dalam mengelolanya, dalam hal ini adalah pihak vendor atau operator yang ditunjuk sejak awal pembuatan SOP (*Standard Operation Procedure*).
4. Sering terjadi interferensi apabila *range* frekuensi antar operator terlalu dekat, sehingga perlu adanya jarak frekuensi yang agak jauh dalam pemakaiannya, dan hal tersebut akan menyulitkan pengaturan frekuensi BTS *Sharing* yang lain yang ada di sekitarnya.
5. Apabila terjadi kerusakan pada salah satu bagian di dalam *antenna tripleband* maka penggantianannya harus dilakukan secara keseluruhan atau utuh satu paket *antenna tripleband*.

Untuk penerapan sistem *antenna sharing* lebih lanjut, tidak menutup kemungkinan sistem *antenna sharing* bisa diterapkan pada beberapa operator atau antar operator. Namun hal tersebut memiliki banyak pertimbangan dan kekurangannya, sehingga pada kondisi nyata di dunia operator saat ini hal tersebut belum diterapkan.

Berdasarkan hasil analisa performansi dapat dibuktikan bahwa penerapan sistem *antenna sharing* sangat direkomendasikan, karena selain tidak mempengaruhi sinyal jaringan yang mengcover pelanggan di daerah setempat, penerapan sistem *antenna sharing* juga membuktikan lebih efektif, efisien, dan ekonomis, sehingga disarankan agar operator-operator lain juga menerapkan sistem *antenna sharing* seperti PT. Indosat.

Perlu dilakukannya *site* audit dan monitoring jaringan secara rutin walaupun sudah menerapkan sistem *antenna sharing*, sehingga kendala-kendala yang mungkin muncul akan segera diketahui dan bisa segera diantisipasi atau dilakukan penanganan lebih cepat.

Agar penerapan sistem *antenna sharing* antar operator bisa terwujud dan terlaksana sangat diperlukan adanya sistem manajemen khusus yang bertugas mengelola BTS atau tower yang menggunakan sistem *antenna sharing* tersebut.

### Kesimpulan

Nilai performansi dari sebuah BTS seperti HOSR, SDSR, TDR, SDR, TCHBR, CSSR, dan DCR menunjukkan bahwa sebelum dan sesudah *upgrade antenna sharing* dalam kondisi yang baik, nilai-nilainya telah melebihi *threshold* atau artinya telah termaintain dengan baik. Penerapan sistem *antenna sharing* pada sebuah operator sangat mungkin dilakukan dan terbukti bahwa penerapan tersebut menciptakan efisiensi dan efektifitas yang sesuai dengan yang diharapkan. Namun, untuk penerapan sistem *antenna sharing* pada beberapa operator atau antar operator, secara teknis dapat dilakukan atau diwujudkan, tetapi secara non teknis masih membutuhkan banyak pertimbangan dan perlu adanya manajemen yang tepat dalam penerapannya.

### Daftar Pustaka

- [1] Alaydrus, Mudrik, *Antenna Prinsip & Aplikasi*, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2011.
- [2] Anaada, Julitra, *Inilah Alokasi Frekuensi Operator GSM Indonesia*. (Online), 2009.
- [3] Camelotlonely, *Arsitektur Jaringan GSM*. (Online), 2010.
- [4] Elko Indonetnetwork, *Jumper Feeder*. (Online), 2010.
- [5] Evensphere, *Base Station Subsystem And Network Switching Subsystem*. (Online), 2010.
- [6] Fahrial, *Alokasi Frekuensi Operator GSM*. (Online), 2013.
- [7] Gofat, *Hierarki Sel GSM*. (Online), 2011.
- [8] Kurniawan, Uke, *Parameter Traffic Seluler*, Institut Teknologi Telkom, Bandung. (Online), 2009.
- [9] 2009.
- [10] Martin, Ferry, *Panduan Telekom Implementasi*, NSN, Indonesia, 2009.
- [11] OMC, Team, *Data Availability BTS, DCS, dan Node B Tanah Putih Tanggal 6 Maret 2013-9 Mei 2013*, PT. Indosat, Semarang, 2013.
- [12] Quality, Team, *Datasheet Antenna Tripleband dengan merk Argus tipe CVVPX310R-BTQ*, PT. Indosat, Semarang, 2013.
- [13] Quality, Team, *WI - FMR Feederless Installation Hybrid Trunk Rev.2.4*, PT. Indosat, Jakarta, 2013.
- [14] Quality, Team, *PreAssembly Process*, PT. Indosat, Semarang, 2013.
- [15] Quality, Team, *Indosat U900 Rollout Preparation\_rev01*, PT. Indosat, Semarang, 2013.
- [16] Quality, Team, *Data Performansi Site Tanah Putih Berdasarkan KPI (HOSR, SDSR, TDR, SDBR, TCHBR, CSSR, DCR)*, PT. Indosat, Semarang, 2013.
- [17] S., Cak, *Map Info Profesional*. (Online), 2011.
- [18] Solusi Petir, *Grounding Bar*. (Online), 2010.
- [19] Study Informatics, *Jaringan Seluler 2G-3G-LTE*. (Online), 2012.
- [20] Telecomseva, *Elemen Jaringan NMC & OMC*. (Online), 2012.
- [21] Trends in Telecoms, *Open Research And Development Issues*. (Online), 2011.
- [22] Tutorialspoint, *GSM Mobile Station*. (Online), 2010.
- [23] Ulumasi, *Jumlah Frekuensi Pada Masing-Masing Operator*. (Online), 2012.
- [24] Warassih, Anggit Praharasty, *Analisis Kualitas Panggilan Pada Jaringan GSM Menggunakan Tems Investigation*, Tugas Akhir Sarjana, Universitas Diponegoro, Semarang, 2008.
- [25] Wardhana, Lingga, *2G/3G RF Planning and Optimization for Consultant*, Nulis Buku, Jakarta Selatan, 2011.
- [26] Wenkul, *Spesifikasi Frekuensi GSM 900/1800*. (Online), 2008.
- [27] Wibisono, Gunawan., Usman, Uke Kurniawan., dan Dwi Hantoro, Gunadi., *Konsep Teknologi Seluler*, Lecture handout: Informatika, Institut Teknologi Telkom, Bandung, 2008.