



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS MODEL BISNIS DAN INVESTASI UNTUK
PENERAPAN METODE RADIO KOGNITIF PADA
OPERATOR SELULAR GSM DI INDONESIA**

TESIS

**BAYU PERMADI
0906495564**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
MANAJEMEN TELEKOMUNIKASI
JAKARTA
JULI 2011**



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS MODEL BISNIS DAN INVESTASI UNTUK
PENERAPAN METODE RADIO KOGNITIF PADA
OPERATOR SELULAR GSM DI INDONESIA**

TESIS

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Teknik**

**BAYU PERMADI
0906495564**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
MANAJEMEN TELEKOMUNIKASI
JAKARTA
JULI 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

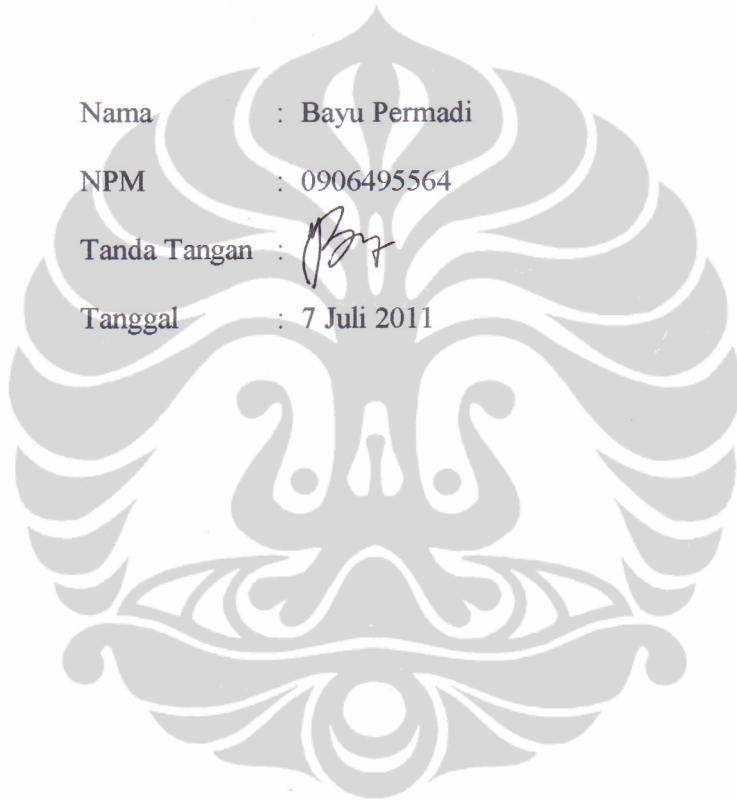
Seminar ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Bayu Permadi

NPM : 0906495564

Tanda Tangan : 

Tanggal : 7 Juli 2011



HALAMAN PENGESAHAN

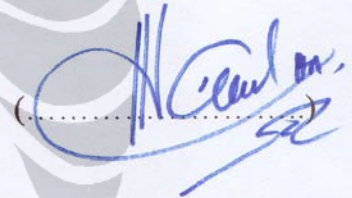
Tesis ini diajukan oleh

Nama : Bayu Permadi
NPM : 0906495564
Program Studi : Manajemen Telekomunikasi
Judul Seminar : ANALISIS MODEL BISNIS DAN INVESTASI
UNTUK PENERAPAN METODE RADIO
KOGNITIF PADA OPERATOR SELULAR GSM
DI INDONESIA

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Manajemen Telekomunikasi, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

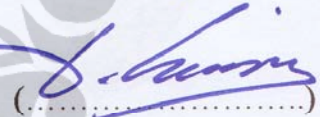
DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Muhammad Asvial, M.Eng



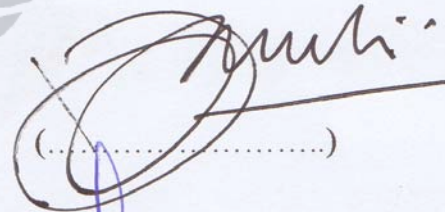
(.....)

Penguji : Prof. Dr. Ir. Dadang Gunawan, M.Eng



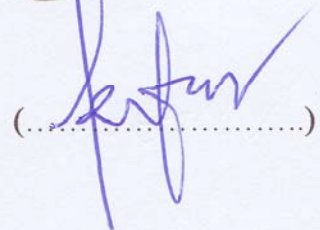
(.....)

Penguji : Ir. Djamhari Sirat M.Sc., Ph.D



(.....)

Penguji : Ir. Arifin Djauhari, MT



(.....)

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 14 Juli 2011

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Teknik Jurusan Manajemen Telekomunikasi pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tesis ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tesis ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Dr, Ir, Muhammad Asvial M,Eng selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan tesis ini;
- (2) Ir. Fajardhani, MBA sebagai dosen yang telah banyak membantu, bertukar pikiran dan memberikan masukan dalam penulisan tesis ini;
- (3) Alvo Ismail, MT dari PT. Telkomsel yang telah banyak membantu dalam diskusi dan penyediaan data yang menunjang penyusunan tesis ini;
- (4) Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
- (5) Seluruh rekan di Manajemen Telekomunikasi Universitas Indonesia;
- (6) Semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Jakarta, 7 Juli 2011

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Bayu Permadi
NPM : 0906495564
Program Studi : Manajemen Telekomunikasi
Departemen : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tesis

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**ANALISIS MODEL BISNIS DAN INVESTASI UNTUK PENERAPAN
METODE RADIO KOGNITIF PADA OPERATOR SELULAR GSM DI
INDONESIA**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada tanggal : 7 Juli 2011

Yang menyatakan



(Bayu Permadi)

ABSTRAK

Nama : Bayu Permadi
Program Studi : Manajemen Telekomunikasi
Judul : ANALISIS MODEL BISNIS DAN INVESTASI UNTUK
PENERAPAN METODE RADIO KOGNITIF PADA
OPERATOR SELULAR GSM DI INDONESIA

Pertumbuhan jumlah pelanggan selular yang cukup tinggi di Indonesia menyebabkan padatnya penggunaan spektrum frekuensi GSM/DCS milik operator selular sehingga ada sejumlah pelanggan yang tidak dapat terlayani karena terbatasnya kapasitas jaringan akses yang tersedia saat itu. Tidak mudah bagi operator selular untuk menambah kepemilikan spektrum frekuensi sebagai tambahan kapasitas jaringan aksesnya karena semua spektrum frekuensi GSM/DCS sudah dialokasikan untuk operator lain. Salah satu inovasi untuk mengatasi masalah ini adalah dengan menerapkan metode radio kognitif yang memungkinkan suatu operator untuk menggunakan sumber daya jaringan, termasuk frekuensi, milik operator lain yang belum terpakai. Penggunaan metode ini akan menimbulkan interaksi/kerjasama antaroperator selular dalam bentuk yang baru dan menimbulkan biaya tambahan. Penelitian ini akan menganalisis kelayakan model bisnis telekomunikasi selular untuk penerapan metode radio kognitif di Indonesia dari sisi keekonomiannya dengan menghitung seberapa besar biaya sewa jaringan yang masih dapat dianggap layak bagi operator selular dalam penerapan metode radio kognitif ini. Dari hasil analisis investasi menggunakan pendekatan NPV dan IRR didapatkan batas maksimal biaya sewa jaringan *host network* per satuan trafik yang secara ekonomis dianggap layak adalah sebesar Rp191.110,76/Erlang. Selain itu dengan menggunakan analisis sensitivitas dapat diketahui faktor kritis dalam penerapan metode radio kognitif dalam penelitian ini adalah faktor pendapatan per satuan trafik.

Kata kunci: radio kognitif, model bisnis selular, analisis investasi

ABSTRACT

Name : Bayu Permadi
Study Program : Telecommunication Management
Title : *BUSINESS MODEL AND INVESTMENT ANALYSIS FOR
COGNITIVE RADIO METHOD IMPLEMENTATION IN GSM
CELLULAR OPERATOR IN INDONESIA*

Significant cellular subscriber's growth in Indonesia leads to high utilization of operators' GSM/DCS frequency spectra, causing inability to serve all subscriber's demand for the service because the limited capacity of access network at that time. It is not easy for operators to add up their frequency spectrum ownership because the other GSM/DCS frequency spectra have been allocated to other operators. An innovation to alleviate this problem is to use cognitive radio method which allows an operator to exploit the temporarily unused network resource, including frequency, which belongs to other operators. This method adoption not only will create new form of cooperation between operators but also will increase the cost. This research will analyze cellular business model appropriateness for cognitive radio method implementation in Indonesia from economic point of view by calculating the feasible value of network lease cost in adopting this radio cognitive method. Using NPV and IRR approach in investment analysis, it can be calculated that the maximum value of network lease per traffic unit is Rp191.110,76/Erlang. In addition, using the sensitivity analysis, the most critical factor in implementing cognitive radio method is known, the revenue per traffic unit.

Keywords: cognitive radio, cellular business model, investment analysis

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Motivasi Penelitian	3
1.3 Identifikasi Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Kontribusi Penelitian	4
1.6 Batasan Masalah	4
1.7 Sistematika Penulisan	5
BAB 2 RADIO KOGNITIF PADA JARINGAN GSM	6
2.1 <i>Global System for Mobile Communication (GSM)</i>	6
2.1.1 Pita Frekuensi GSM.....	6
2.1.2 <i>Logical Channel</i>	7
2.1.3 <i>Frequency Reuse</i>	9
2.1.4 Komponen Jaringan GSM.....	11
2.1.5 <i>IMSI Attach dan IMSI Detach</i>	13
2.2 <i>Resource Sharing</i>	17
2.2.1 <i>Spectrum Sharing</i>	17
2.2.2 <i>Infrastructure Sharing</i>	20
2.2.3 <i>Mobile Roaming</i>	20
2.2.4 <i>Channel Assignment</i>	22
2.3 Radio Kognitif/ <i>Cognitive Radio (CR)</i>	26
2.3.1 Definisi Radio Kognitif.....	26
2.3.2 Fitur Radio Kognitif.....	27
2.3.3 Hambatan Realisasi Radio Kognitif.....	29
2.3.4 Perizinan Spektrum dan Peran Regulator	30
2.3.5 Radio Kognitif pada Sistem Telekomunikasi Selular	31
2.4 Manajemen Strategis.....	34
BAB 3 ANALISIS MODEL BISNIS DAN INVESTASI	36
3.1 Skenario Radio Kognitif	36
3.2 Identifikasi Komponen Model Bisnis	37
3.2.1 Segmen Konsumen (<i>Customer Segments</i>)	38
3.2.2 Penawaran Nilai (<i>Value Propositions</i>).....	39
3.2.3 Jalur Menuju Konsumen (<i>Channels</i>)	42
3.2.4 Hubungan dengan Konsumen (<i>Customer Relationships</i>)	42
3.2.5 Sumber Pendapatan (<i>Revenue Streams</i>).....	44
3.2.6 Sumber Daya Kunci (<i>Key Resources</i>).....	45
3.2.7 Aktivitas Kunci (<i>Key Activities</i>)	46
3.2.8 Hubungan Kerjasama (<i>Key Partnerships</i>)	47
3.2.9 Struktur Biaya (<i>Cost Structure</i>)	47

3.3	Pengumpulan Data.....	48
3.4	Prediksi Tren Trafik dan Kapasitas Jaringan.....	52
3.5	Analisis Kelayakan Keekonomian.....	55
3.5.1	<i>Net Present Value</i> (NPV).....	56
3.5.2	<i>Internal Rate of Return</i> (IRR).....	59
3.5.3	Analisis Sensitivitas.....	60
BAB 4 KESIMPULAN.....		62
DAFTAR PUSTAKA.....		63
LAMPIRAN		



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pita Frekuensi GSM	6
Gambar 2.2 <i>Logical Channel</i> pada GSM	9
Gambar 2.3 Ilustrasi Konsep Pengulangan Frekuensi pada <i>Cluster Sel</i>	9
Gambar 2.4 Pengulangan Frekuensi dengan $N=19, i=3, j=2$	10
Gambar 2.5 Jarak Antar 2 Pusat Sel dengan Frekuensi Berulang	11
Gambar 2.6 Bentuk Umum Arsitektur GSM	11
Gambar 2.7 Permintaan Kanal pada IMSI Attach	14
Gambar 2.8 Verifikasi IMSI dan Permintaan Triplet	15
Gambar 2.9 Proses Autentikasi MS	15
Gambar 2.10 Mode Enkripsi MS dan BSS	16
Gambar 2.11 Prosedur IMSI <i>Detach</i>	17
Gambar 2.12 Ilustrasi <i>Hidden Node</i>	19
Gambar 2.13 Metode Deteksi Spektrum	28
Gambar 2.14 Diagram Alir Proses Melakukan Panggilan	32
Gambar 2.15 Diagram Alir Pendekatan <i>Impolite</i>	33
Gambar 3.1 Sembilan Komponen Model Bisnis.....	38
Gambar 3.2 Trafik Suara Datang dan Terlayani pada Jaringan GSM/DCS Wilayah Jabodetabek.....	49
Gambar 3.3 Trafik suara Terblok pada Jaringan GSM/DCS Wilayah Jabodetabek.....	50
Gambar 3.4 Pendapatan Layanan Suara pada Jaringan GSM/DCS Wilayah Jabodetabek.....	50
Gambar 3.5 Pendapatan per Satuan Trafik Layanan Suara.....	51
Gambar 3.6 Prediksi Tren Trafik Datang dan Kapasitas Jaringan.....	54
Gambar 3.7 Prediksi Tren Trafik Terblok.....	54
Gambar 3.8 Grafik Prosentase Pertambahan Keuntungan per Tahun.....	55
Gambar 3.9 Grafik Sensitivitas	61

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Proses Pengkodean Indikator Waktu	52
Tabel 3.2 Prosentase Keuntungan Pendapatan Tahunan.....	55
Tabel 3.3 Persamaan Arus Kas Tahunan	57
Tabel 3.4 Arus Kas Tahunan.....	60



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Telekomunikasi memiliki peranan yang sangat penting di era informasi seperti sekarang ini. Kebutuhan akan informasi di mana dan kapan saja mendorong manusia untuk memilih layanan telekomunikasi dengan ketersediaan akses jaringan yang tinggi, salah satu contohnya adalah layanan bergerak selular. Ketersediaan akses jaringan yang tinggi berupa *coverage* yang luas, didukung juga dengan tarif yang terjangkau membuat layanan selular lebih diminati di Indonesia dan mengalami pertumbuhan yang cukup pesat.

Pertumbuhan layanan selular yang pesat di Indonesia dapat dilihat dari pertumbuhan jumlah pelanggan yang cukup tinggi dengan rata-rata peningkatan 37,6% per tahun pada periode 2006-2009 dan dari jumlah operator yang menyediakan layanan telekomunikasi selular di Indonesia. Sampai dengan semester satu tahun 2010, terdapat delapan operator selular yang beroperasi di Indonesia dengan total jumlah pelanggan mencapai lebih dari 171 juta [6].

Selain jumlah pelanggan, penggunaan frekuensi saat ini juga menunjukkan penggunaan layanan selular yang cukup tinggi. Saat ini layanan *land mobile (public)*, yang terdiri dari sub layanan nirkabel GSM/DCS, IS95, dan *trunking*, memiliki persentase 27,39% dari total Izin Stasiun Radio (ISR) yang dimiliki oleh seluruh layanan yang ada di Indonesia pada tahun 2010. Persentase ini mengalami peningkatan sebanyak 7,6% dibandingkan tahun 2009. Dari ketiga sub layanan tersebut, yang paling banyak memiliki ISR adalah sub layanan GSM/DCS, yaitu 26,374% dari seluruh ISR yang ada di Indonesia [6].

Tingkat penggunaan frekuensi yang cukup tinggi merupakan indikator yang positif untuk industri telekomunikasi nirkabel, tetapi perlu diingat bahwa pita frekuensi merupakan salah satu sumber daya yang terbatas dalam dunia telekomunikasi selain penomoran dan orbit satelit. Maka dari itu penggunaan frekuensi untuk layanan telekomunikasi apapun, termasuk layanan selular, diatur, dan dibatasi pembagiannya. Alokasi frekuensi layanan selular GSM di Indonesia mengikuti alokasi frekuensi yang digunakan di Eropa, yaitu 900 MHz (*primary*

GSM) dan 1800 MHz (DCS). Kanal-kanal frekuensi yang ada pada kedua pita frekuensi ini kemudian dialokasikan kepada semua operator GSM di Indonesia menurut porsi tertentu. Dengan keadaan seperti ini, setiap operator memiliki keterbatasan kapasitas jaringan akses untuk melayani pelanggan, terlebih di daerah yang padat pelanggannya.

Untuk menambah kapasitas jaringan akses, operator selular dapat menambah jumlah kanal frekuensi yang dimilikinya. Penambahan kanal frekuensi ini dapat dilakukan hanya jika masih ada kanal frekuensi untuk selular GSM yang belum terpakai. Jika semua alokasi kanal frekuensi untuk layanan selular GSM sudah terpakai, operator yang ingin menambah kanal frekuensi dapat meminjamnya dari operator lain untuk kondisi dan jangka waktu yang disepakati. Kondisi seperti ini dikategorikan sebagai *spectrum sharing*.

Salah satu pendekatan *spectrum sharing*, dari sisi teknologi adalah dengan penggunaan teknologi radio kognitif (*cognitive radio*). Dengan radio kognitif, operator selular dapat menggunakan sumber daya frekuensi milik operator lain yang belum terpakai sebagai tambahan kapasitas jaringan akses, tanpa perlu menyewa kanal frekuensi tambahan tersebut secara penuh dalam periode waktu tertentu.

Penggunaan radio kognitif memberikan keuntungan baik bagi operator pemilik maupun operator penyewa sumber daya frekuensi. Operator pemilik sumber daya frekuensi tidak perlu kehilangan sumber daya frekuensinya secara tetap dalam jangka waktu yang lama dan tidak akan kekurangan kapasitas jaringan akses. Radio kognitif hanya akan menggunakan sumber daya frekuensi yang tidak terpakai saat itu, serta dapat menjadi potensi pendapatan baru berupa penyewaan sumber daya frekuensi yang tidak terpakai ke operator lain. Dalam kasus tertentu, operator penyewa sumber daya frekuensi juga merasakan keuntungan berupa tambahan kapasitas jaringan akses jika biaya sewa sumber daya frekuensi lebih ekonomis dibandingkan jika harus menyewa secara tetap dalam jangka waktu yang cukup lama.

Sebuah studi dapat menunjukkan bahwa sistem selular dapat membawa trafik yang secara signifikan lebih banyak jika sistem berbagi spektrum secara

dinamis, dengan syarat operator yang saling bersaing mau bekerjasama untuk mencapai tujuan bersama [20].

1.2 Motivasi Penelitian

Untuk dapat terus bertumbuh, sebuah perusahaan harus selalu melakukan inovasi, tidak terkecuali operator selular. Teknologi radio kognitif menawarkan inovasi dari sisi teknologi yang secara teori mampu meningkatkan efisiensi penggunaan spektrum frekuensi, dan efisiensi penggunaan infrastruktur lainnya secara tidak langsung, sekaligus menambah kapasitas jaringan akses bagi operator selular yang beroperasi pada wilayah dengan tingkat penggunaan frekuensi yang cukup padat. Dengan bertambahnya kapasitas jaringan akses, maka pendapatan operator selular pun berpotensi untuk mengalami peningkatan.

Penerapan metode radio kognitif secara tidak langsung menimbulkan interaksi/kerjasama antaroperator selular dalam bentuk yang baru. Maka dari itu dibutuhkan kajian model bisnis telekomunikasi selular yang ada saat ini di Indonesia. Selain itu, sebelum membuat keputusan untuk mengimplementasikan metode radio kognitif, operator selular perlu mengetahui seberapa jauh metode baru ini menguntungkan bagi bisnis mereka dibandingkan dengan biaya yang dibutuhkan untuk penerapan metode ini.

1.3 Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang dapat diidentifikasi permasalahan yang mendasari untuk dibahas dalam kajian ini, yaitu sebagai berikut:

1. Saat ini, penambahan kanal frekuensi untuk operator selular tidak dimungkinkan karena semua kanal frekuensi yang tersedia sudah penuh [5].
2. Kapasitas jaringan operator yang tidak terpakai pada saat tertentu secara teori seharusnya dapat digunakan oleh operator lain sebagai tambahan kapasitas jaringannya.
3. Model bisnis yang ada saat ini belum mengakomodasi implementasi metode radio kognitif.

4. Implementasi metode radio kognitif membutuhkan biaya tambahan yang belum tentu sebanding dengan kenaikan pendapatan yang diharapkan sehingga diperlukan kajian keekonomian teknik sebelum metode ini diimplementasikan.

Dari identifikasi masalah di atas, maka didapatkan rumusan masalah yaitu berapa besar penambahan biaya dan kenaikan pendapatan yang layak dari penerapan metode radio kognitif ini.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan tesis ini adalah menganalisis kelayakan model bisnis telekomunikasi selular untuk penerapan metode radio kognitif di Indonesia dengan menghitung seberapa besar tambahan biaya sewa jaringan yang masih dapat dianggap layak bagi operator selular yang menyewa jaringan operator lain dalam penerapan metode ini.

1.5 Kontribusi Penelitian

Dengan adanya kajian ini, yang akan lebih dilengkapi dengan metode dan analisis pada tesis nantinya, diharapkan dapat dijadikan sebagai :

1. Bahan acuan bagi pemegang keputusan dari manajemen operator selular dalam penerapan metode radio kognitif.
2. Bahan referensi di bidang akademis untuk topik yang masih berkaitan dengan model bisnis telekomunikasi selular, analisis investasi, dan metode radio kognitif khususnya yang diterapkan pada telekomunikasi selular GSM.
3. Memperkuat teori-teori yang ada untuk memicu penyesuaian regulasi tentang *spectrum sharing*.

1.6 Batasan Masalah

Ruang lingkup atau batasan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Layanan telekomunikasi yang digunakan untuk penerapan radio kognitif adalah layanan selular GSM dan DCS.

2. Penelitian difokuskan pada analisis kelayakan investasi penerapan radio kognitif pada telekomunikasi selular pada kondisi saat tulisan ini disusun.
3. Hal-hal mengenai spesifikasi teknis teknologi radio kognitif pada sistem telekomunikasi selular GSM/DCS tidak dibahas pada penelitian ini.
4. Wilayah operasional operator yang digunakan adalah wilayah Jabodetabek.
5. Tidak ada perubahan regulasi selama periode studi.
6. Tidak ada peluncuran jenis layanan baru dan tidak ada perubahan tarif oleh operator selular selama periode studi.
7. Operator selular lain tidak menggunakan skenario radio kognitif sebagai penyewa jaringan selama periode studi.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika dari penulisan seminar yang menjadi pendahuluan dari kajian tesis ini adalah sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Berisikan tentang latar belakang penulisan, motivasi penelitian, tujuan penelitian, kontribusi penelitian, identifikasi masalah, batasan masalah, dan sistematika penulisan yang dilakukan.

BAB 2 RADIO KOGNITIF PADA JARINGAN GSM

Berisikan teori pendukung yang dapat membantu penulis memahami konsep radio kognitif, model bisnis, dan perhitungan pengembalian atas investasi.

BAB 3 ANALISIS MODEL BISNIS DAN INVESTASI

Berisikan pengolahan data untuk mendapatkan hasil yang diinginkan beserta analisisnya.

BAB 4 KESIMPULAN

Berisikan kesimpulan dari kajian.

BAB 2

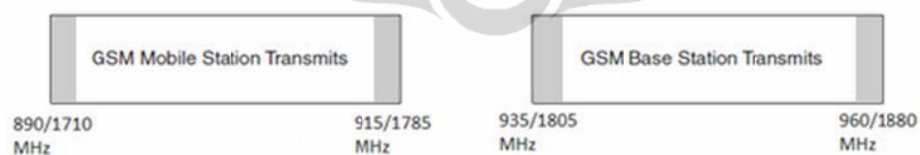
RADIO KOGNITIF PADA JARINGAN GSM

2.1 *Global System for Mobile Communication (GSM)*

GSM merupakan standar sistem telepon bergerak yang awalnya dikembangkan di Eropa oleh *European Conference of Postal and Telecommunication Administrations (CEPT)*. Berbeda dengan teknologi pendahulunya, kanal yang digunakan pada standar GSM sudah menggunakan teknologi digital yang membuat GSM dapat dikategorikan sebagai teknologi komunikasi generasi kedua (2G). Saat ini GSM lebih banyak digunakan di seluruh dunia karena kemampuan *roaming* yang lebih baik dibandingkan dengan standar-standar telepon bergerak yang lain.

2.1.1 Pita Frekuensi GSM

Pita frekuensi yang dapat digunakan oleh GSM ditetapkan pada standar 3GPP TS 05.05. Dari 14 pita frekuensi yang telah ditetapkan, hanya dua yang paling banyak digunakan di seluruh dunia, termasuk di Indonesia, yaitu GSM 900 dan GSM 1800 (DCS). GSM 900 memiliki *bandwidth* masing-masing sebesar 25 MHz pada arah *uplink* (890 – 915 MHz) dan arah *downlink* (935 – 960 MHz), sedangkan pada GSM 1800 memiliki *bandwidth* masing-masing sebesar 75 MHz pada arah *uplink* (1710 – 1785 MHz) dan arah *downlink* (1805 – 1880 MHz).



Gambar 2.1 Pita Frekuensi GSM

Teknologi GSM menggunakan gabungan teknik *Frequency Division Multiplexing (FDM)* dan *Time Division Multiplexing (TDM)*. FDM membagi alokasi pita frekuensi GSM menjadi kanal-kanal frekuensi sebesar 200 KHz sehingga GSM 900 memiliki 125 kanal dan GSM 1800 memiliki 375 kanal untuk masing-masing arah *uplink* dan *downlink*. Untuk menghindari interferensi dengan

frekuensi yang berdekatan, sebagian dari alokasi pita frekuensi GSM/DCS yang berada di ujung-ujung atas dan bawah pada kedua arah digunakan sebagai *guard band* selebar masing-masing 100 KHz sehingga kanal efektif yang dapat digunakan hanya 124 kanal untuk GSM dan 374 kanal untuk DCS. Kanal-kanal ini kemudian yang akan dibagi-bagi kepada operator-operator selular oleh badan regulasi di suatu negara, seperti yang dilakukan juga di Indonesia.

TDM kemudian membagi kanal-kanal frekuensi 200 KHz tersebut menjadi delapan *time slot* (*time slot* 0 – 8). Setiap *time slot* dapat dialokasikan untuk *control channel* (CCH) maupun untuk membawa trafik pelanggan/*traffic channel* (TCH). *Time slot* 0 pada sebuah *transceiver* (TRX) yang menggunakan hanya satu frekuensi akan dialokasikan sebagai CCH sehingga yang dapat digunakan untuk menampung trafik pengguna hanya tujuh *time slot*. Jika dalam sebuah sel terdapat beberapa TRX maka sebuah CCH dapat digunakan bersama-sama sehingga TRX selain TRX yang memiliki CCH dapat menggunakan seluruh/kedelapan *time slot*-nya untuk menampung trafik pengguna. Tetapi perlu diingat bahwa CCH memiliki bit rate yang rendah sehingga menimbulkan potensi terjadinya kongesti pada CCH. Jika hal ini terjadi maka harus ada *time slot* tambahan yang dialokasikan sebagai CCH.

2.1.2 Logical Channel

Sebuah *time slot* dapat membawa beberapa macam jenis informasi seperti data pengguna dan sinyal kontrol. Walaupun fungsi antara dua *time slot* berbeda karena perbedaan jenis informasi yang dibawa, bentuk fisik kedua *time slot* tersebut sebenarnya sama. Fungsi tiap *time slot* dalam hal ini yang disebut sebagai *logical channel*. Pada sistem GSM, sebuah *time slot* tidak terikat dengan *logical channel* tertentu dan dapat berperan sebagai *logical channel* apapun. Secara garis besar *logical channel* dibagi menjadi dua yaitu *traffic channel* dan *control channel*.

2.1.2.1 *Traffic channel*

Traffic channel (TCH) berfungsi untuk membawa trafik suara/pembicaraan dan trafik data. Terdapat dua jenis TCH yaitu:

1. *Full rate* TCH (TCH/F), yaitu TCH dengan *bit rate* maksimal 22,8 Kbps.
2. *Half rate* TCH (TCH/H), yaitu TCH dengan *bit rate* maksimal 11,4 Kbps.

Sebuah *time slot* dapat menampung satu *full rate* TCH atau dua *half rate* TCH.

2.1.2.2 *Control channel*

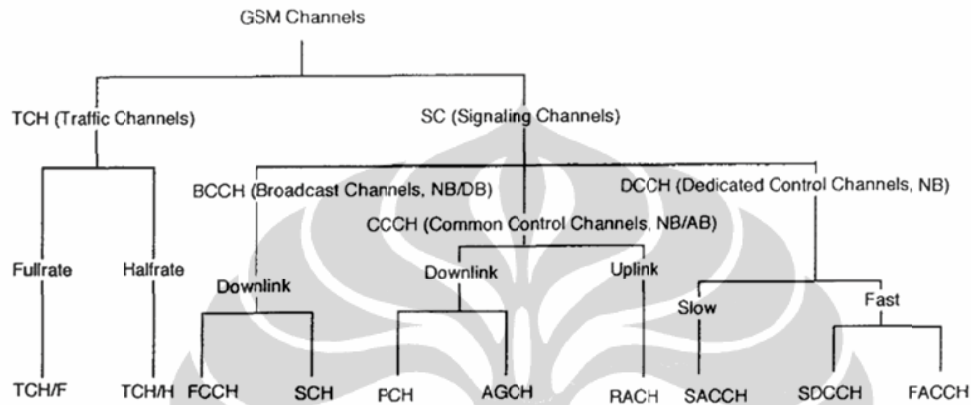
Control channel berfungsi untuk pensinyalan dan sinkronisasi data. Terdapat 3 jenis *control channel* yaitu *Broadcast Control Channel* (BCCH), *Common Control Channel* (CCCH), dan *Dedicated Control Channel* (DCCH).

BCCH adalah aliran data yang secara terus-menerus dikirimkan dari BTS ke MS yang membawa identitas dan kondisi *logical channel* BTS. Yang termasuk BCCH adalah *Frequency Correction Channel* (FCCH) dan *Synchronization Channel* (SCH). FCCH membawa informasi yang digunakan MS untuk menyesuaikan frekuensi operasinya dengan frekuensi TRX yang terhubung. SCH membawa informasi yang digunakan untuk melakukan sinkronisasi *frame* TDMA.

CCCH digunakan untuk membawa informasi pensinyalan yang berguna untuk melakukan fungsi manajemen akses, contohnya pengalokasian SDCCH untuk MS. Yang termasuk CCCH adalah *Paging Channel* (PCH) dan *Random Access Channel* (RACH). PCH berfungsi untuk memberitahu MS bahwa ada panggilan yang masuk. BTS menginformasikan MS tentang *time slot* yang dapat dipakai melalui *Access Grant Channel* (AGCH). RACH digunakan oleh MS untuk meminta alokasi SDCCH kepada BTS.

DCCH terdiri dari *Standalone Dedicated Control Channel* (SDCCH), *Slow Associated Control Channel* (SACCH), dan *Fast Associated Control Channel* (FACCH). SDCCH digunakan untuk melakukan *setup* panggilan dan untuk membawa data SMS pada saat MS *idle*. SACCH digunakan untuk pertukaran data terus-menerus antara BTS dan MS, misalnya *measurement report*. SACCH juga digunakan untuk membawa data SMS pada saat panggilan sedang

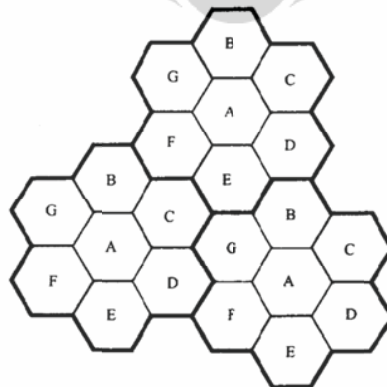
berlangsung. FACCH digunakan untuk pertukaran informasi pensinyalan yang harus dilakukan dengan cepat pada saat panggilan sedang berlangsung, misalkan pada proses *handover*. FACCH juga digunakan untuk membawa informasi pensinyalan yang ukurannya melebihi kapasitas SACCH.



Gambar 2.2 Logical Channel pada GSM [15]

2.1.3 Frequency Reuse

Untuk meningkatkan efisiensi penggunaan frekuensi, dalam sistem komunikasi selular dikenal istilah *frequency reuse* atau pengulangan frekuensi. *Frequency reuse* adalah penggunaan kanal frekuensi yang sama oleh dua pemancar/TRX atau lebih yang letaknya saling terpisah dengan jarak tertentu. Jarak pemisah antar TRX dengan kanal frekuensi yang sama harus dibuat sedemikian rupa agar tidak saling menginterferensi.



Gambar 2.3 Ilustrasi Konsep Pengulangan Frekuensi pada Cluster Sel [22]

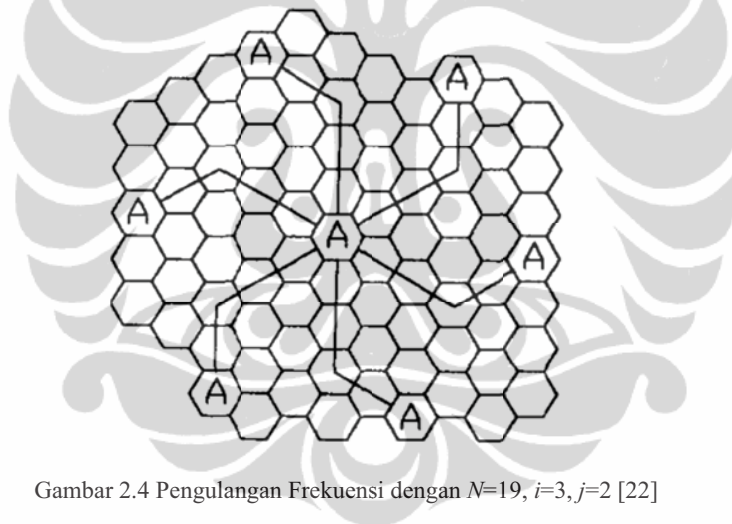
Gambar 2.3 menunjukkan pola pengulangan frekuensi pada *cluster* yang berukuran tujuh sel. Huruf yang berada di tengah sel melambangkan frekuensi yang dipakai.

Lokasi sel dimana sebuah frekuensi akan berulang bergantung pada ukuran *cluster* N .

$$N = i^2 + ij + j^2 \quad (2.1)$$

Setelah nilai i dan j didapat, untuk menentukan lokasi sel tempat frekuensi akan berulang (i,j) dapat menggunakan langkah sebagai berikut:

1. Bergerak dengan arah tegak lurus dinding sel sebanyak i sel
2. Berputar sejauh 60° berlawanan arah perputaran jarum jam, lalu bergerak dengan arah tegak lurus sel sebanyak j sel



Gambar 2.4 Pengulangan Frekuensi dengan $N=19$, $i=3$, $j=2$ [22]

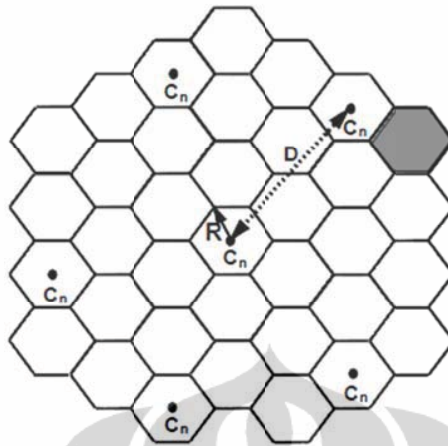
Jarak terdekat antar pusat sel yang frekuensinya berulang dapat dihitung dengan rumus 2.2 sebagai berikut:

$$D = (\sqrt{3})R\sqrt{i^2 + ij + j^2} \quad (2.2)$$

Keterangan:

D = jarak antar pusat sel yang frekuensinya berulang

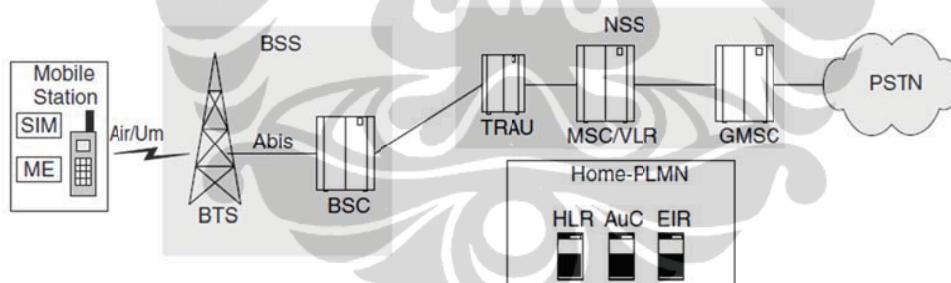
R = jari-jari sel



Gambar 2.5 Jarak Antar 2 Pusat Sel dengan Frekuensi Berulang [8]

2.1.4 Komponen Jaringan GSM

Secara garis besar, jaringan GSM terbagi menjadi 3 komponen yaitu *mobile station* (MS), *base station subsystem* (BSS), dan *network switching subsystem* (NSS). Arsitektur umum jaringan GSM dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Bentuk Umum Arsitektur GSM [3]

BSS merupakan komponen yang menangani bagian jaringan akses radio dari jaringan GSM. Komponen jaringan ini terdiri dari:

1. *Base Transceiver Station* (BTS)

BTS adalah tempat menampung TRX yang akan membentuk sebuah sel dan berhubungan langsung dengan MS melalui media transmisi radio. Sebuah TRX memiliki 8 *time slot*, tetapi pada umumnya TRX pertama dalam sebuah BTS hanya memiliki 7 *time slot* yang dapat digunakan untuk menampung trafik pengguna karena ada 1 *time slot*

yang dialokasikan sebagai kanal *broadcast* (BCCH). Jika *time slot* yang tersedia tidak cukup untuk menampung pelanggan berarti harus dilakukan penambahan TRX pada BTS tersebut. BTS juga bertugas untuk melakukan enkripsi jaringan radio sesuai dengan informasi yang dikirim oleh jaringan *core*.

2. *Base Station Controller* (BSC)

BSC berfungsi untuk mengendalikan sumber daya radio beberapa BTS seperti parameter radio, kanal radio, *frequency hopping*, proses handover, dll. Penghubung antara BSC dan BTS dikenal dengan *Abis interface* menggunakan mode TDM dan biasanya dalam satuan E1 atau T1.

NSS merupakan komponen jaringan yang menangani proses *switching* dan *routing* panggilan pada jaringan GSM, termasuk di dalamnya basis data yang menampung data pelanggan. NSS terdiri dari:

1. *Transcoding and Rate Adaptation Unit* (TRAU)

TRAU berfungsi untuk melakukan *transcoding* dan penyesuaian *bitrate* data suara.

2. *Mobile Switching Centre* (MSC)

MSC selain berfungsi seperti *switching* biasa pada jaringan PSTN, juga berfungsi untuk mendukung segala aktivitas MS mulai dari registrasi awal saat MS dinyalakan, melakukan panggilan, mendaftarkan dan memeriksa status MS pada basis data, autentikasi MS, dll.

3. *Home Location Register* (HLR)

HLR merupakan basis data yang berisi data pelanggan milik operator. Data seluruh pelanggan akan tersimpan pada basis data ini walaupun pelanggan sedang berada di luar jaringan milik sebuah operator (*roaming*). HLR juga dapat mengetahui lokasi pelanggannya dengan bantuan VLR. Jika pelanggan berada pada kondisi *idle*, maka lokasi yang diketahui hanya *location area code* atau grup sel tempat MS berada. Jika pelanggan berada pada *dedicated mode* (melakukan panggilan), maka dapat lokasi MS dapat diketahui sampai level sel dimana MS tersebut sedang melakukan panggilan.

Pada umumnya sebuah operator memiliki sebuah HLR, tetapi tidak menutup kemungkinan menggunakan lebih dari satu HLR jika basis datanya berukuran besar.

4. *Visitor Location Register (VLR)*

VLR juga merupakan basis data seperti HLR, dan pada umumnya digabungkan dengan MSC. Perbedaannya dengan HLR adalah bahwa VLR hanya menyimpan data pelanggan yang sedang berada pada wilayah cakupan layanannya.

5. *Equipment Identity Register (EIR)*

EIR berisi data semua perangkat MS yang valid di dalam jaringan. Jaringan GSM mengidentifikasi perangkat pelanggan melalui *International Mobile Equipment Identity (IMEI)*. Jika ada IMEI yang dilaporkan karena perangkat milik pelanggan dicuri, maka IMEI tersebut akan diblok oleh operator pemilik EIR.

6. *Authentication Centre (AuC)*

AuC berisi kunci rahasia yang digunakan untuk keperluan autentikasi dan enkripsi. AuC akan mengirimkan sejumlah angka kepada MS, lalu angka-angka tersebut akan dienkripsi oleh MS dan dikirimkan kembali. Jika AuC membuka enkripsi tersebut dan mendapatkan angka-angka yang sebelumnya dikirimkan ke MS, berarti MS lolos proses autentikasi dan dapat dikenali oleh jaringan.

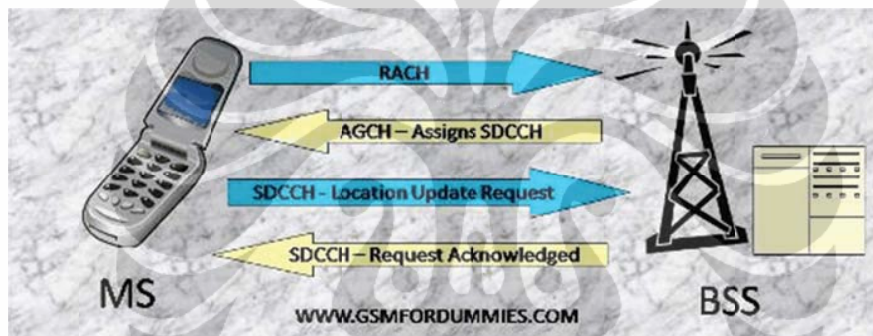
2.1.5 IMSI Attach dan IMSI Detach

International Mobile Subscriber Identity (IMSI) adalah identitas pelanggan yang tersimpan kartu SIM dan sifatnya unik di seluruh dunia, artinya tidak ada duplikasi IMSI pada seluruh pelanggan GSM di dunia. Jaringan GSM melakukan identifikasi pelanggan menggunakan identitas unik ini.

Pada saat MS baru dinyalakan, MS harus terhubung ke jaringan terlebih dahulu agar dapat menggunakan layanan yang ditawarkan operator.

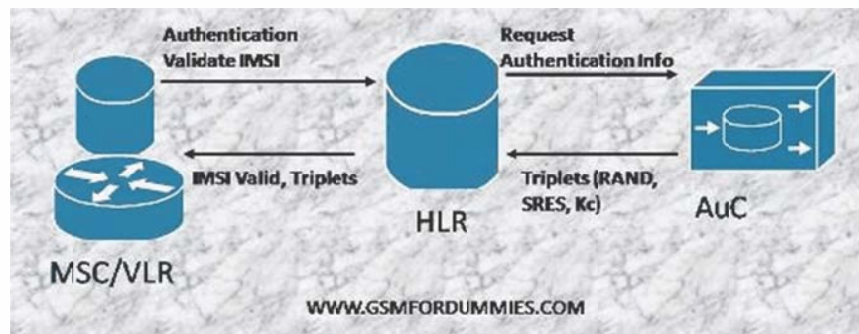
Proses ini disebut dengan IMSI *attach*. Proses IMSI *attach* adalah sebagai berikut [10]:

1. MS mengirimkan pesan permintaan kanal kepada BSS melalui RACH.
2. Jika kanal tersedia, BSS akan membalas pesan tersebut melalui AGCH untuk mengalokasikan SDCCH kepada MS tersebut.
3. MS akan mengirimkan permintaan untuk *update* lokasi kepada BSS. Dalam pesan ini MS dapat mengirimkan baik IMSI maupun *temporary mobile subscriber identity* (TMSI).
4. BSS akan mengirimkan pesan pemberitahuan bahwa pesan permintaan untuk *update* lokasi telah diterima.



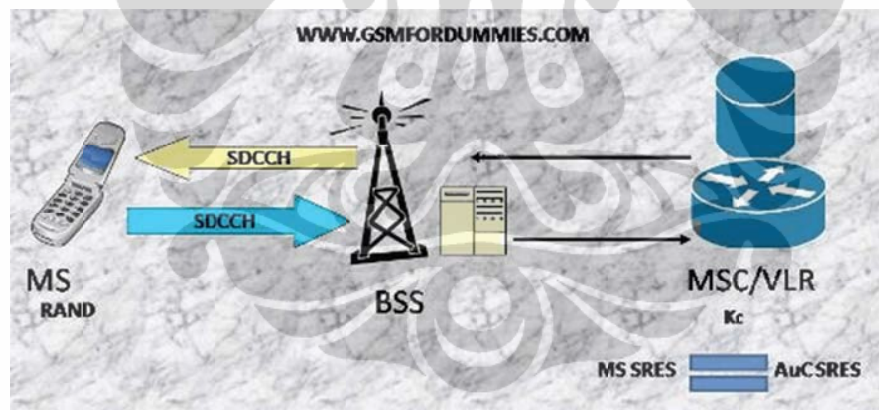
Gambar 2.7 Permintaan Kanal pada IMSI Attach [10]

5. BSS meneruskan pesan permintaan *update* lokasi ke VLR.
6. VLR mengirimkan IMSI milik MS ke HLR untuk diverifikasi.
7. HLR mengirimkan IMSI ke AuC dan meminta informasi triplet untuk melakukan autentikasi.
8. AuC mengirimkan triplet ke HLR. Triplet merupakan 3 buah informasi yang terdiri dari angka 128 bit (RAND), kunci 64 bit untuk mengenkripsi informasi yang dikirim lewat transmisi radio (Kc), dan respon MS yang diharapkan (SRES).
9. HLR memvalidasi bahwa IMSI tersebut adalah milik jaringan operator yang bersangkutan dan HLR juga mengirimkan triplet ke VLR.



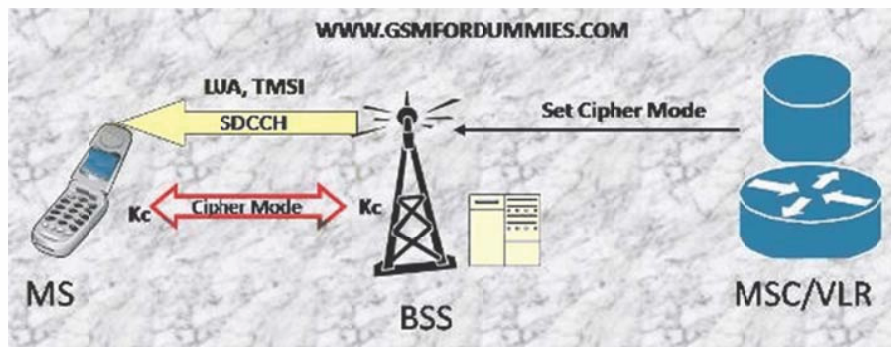
Gambar 2.8 Verifikasi IMSI dan Permintaan Triplet [10]

10. VLR menyimpan SRES dan Kc lalu mengirimkan RAND ke BSS.
11. BSS mengirimkan RAND ke MS.
12. MS mengolah RAND agar menghasilkan SRES lalu mengirimkannya kembali ke BSS. BSS kemudian meneruskan SRES ke VLR.
13. VLR membandingkan SRES dari MS dengan SRES dari AuC. Jika keduanya sama, maka proses autentikasi berhasil.



Gambar 2.9 Proses Autentikasi MS [10]

14. VLR mengirimkan Kc ke BSS tetapi tidak untuk diteruskan ke MS. BSS hanya memberitahukan mode enkripsi apa yang akan digunakan ke MS.
15. MS mengubah mode enkripsinya sesuai dengan yang diberitahukan oleh BSS. Pada kondisi ini sambungan antara MS dengan BSS sudah berada pada mode enkripsi.
16. VLR mengirimkan pemberitahuan bahwa permintaan *update* lokasi diterima dan mengirimkan TMSI baru kepada MS melalui BSS.

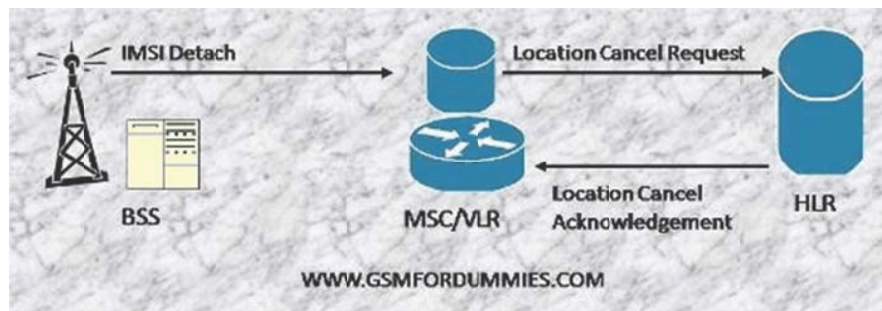


Gambar 2.10 Mode Enkripsi MS dan BSS [10]

17. MS mengirimkan pesan pemberitahuan bahwa TMSI yang baru sudah diterima kepada VLR melalui BSS.
18. BSS memberi perintah kepada MS untuk memasuki mode *idle* dan SDDCH yang dialokasikan kepada MS akan dilepas.
19. VLR mengirimkan *update* lokasi ke HLR.

Selain IMSI *attach*, perlu juga dilakukan prosedur IMSI *detach*, yaitu pemutusan koneksi MS dari jaringan. Biasanya prosedur IMSI *detach* dilakukan ketika MS dinonaktifkan/dimatikan. IMSI *detach* dilakukan agar MS tidak terdaftar lagi di VLR sehingga jaringan tidak perlu menghabiskan sumber daya jaringan untuk mencari lokasi MS pada saat ada panggilan ditujukan pada MS tersebut dan segera menggagalkan panggilan tersebut. Proses IMSI *detach* adalah sebagai berikut [10]:

1. Proses IMSI *detach* diawali dengan proses permintaan kanal seperti pada IMSI *attach*.
2. MS mengirimkan pesan permintaan untuk melakukan *detach* ke BSS melalui SDCCH. Pesan ini kemudian diteruskan ke VLR.
3. Proses autentikasi yang sama seperti pada IMSI *attach* dilakukan.
4. VLR kemudian mengirimkan pesan permintaan *detach* untuk IMSI milik MS.
5. HLR kemudian menandai pada basis data bahwa IMSI milik MS sudah terputus dari jaringan lalu menginformasikan hal ini kepada VLR.



Gambar 2.11 Prosedur IMSI *Detach* [10]

2.2 *Resource Sharing*

2.2.1 *Spectrum Sharing*

Semakin berkembangnya teknologi nirkabel dan jumlah penggunanya, kebutuhan akan frekuensi juga meningkat. Terbatasnya sumber daya frekuensi membuat para penyelenggara jaringan telekomunikasi nirkabel sulit mendapatkan tambahan alokasi pada spektrum tertentu, frekuensi GSM misalnya. Kondisi seperti ini memicu ide untuk melakukan *spectrum sharing*. Menurut *ICT regulation toolkit*, *spectrum sharing* perlu dilakukan ketika ada permintaan yang cukup banyak sehingga dapat menimbulkan kongesti dan teknologi yang ada memungkinkan beberapa pengguna untuk aktif bersamaan, dan alternatif lain untuk mengatur penggunaan spektrum hanya akan menambah kesulitan dan biaya sehingga hanya menjadi penghambat tercapainya efisiensi teknis dan ekonomis [11]. *ICT regulation toolkit* memperkenalkan tiga jenis pendekatan yang dapat dilakukan dalam *spectrum sharing* yaitu:

1. Pendekatan administratif.
2. Pendekatan berbasis pasar.
3. Pendekatan teknis.

Pendekatan administratif biasanya melibatkan pihak regulasi untuk menetapkan kapan dan dimana *spectrum sharing* dapat dilakukan dan aturan seperti apa yang harus diterapkan. Salah satu contohnya adalah pengalokasian spektrum frekuensi untuk kepentingan pelayanan publik seperti radio polisi, radio taksi, radio untuk layanan ambulans, dan untuk keperluan militer seperti pada radar pertahanan, satelit militer, dll. Spektrum strategis dan vital untuk keperluan pelayanan publik dan keamanan biasanya bersifat eksklusif dan tidak dapat

digunakan secara bersama-sama untuk keperluan selain yang sudah ditentukan oleh regulator.

Pendekatan berbasis pasar lebih menekankan pada aspek ekonomis spektrum frekuensi. Penggunaan spektrum yang secara ekonomis efisien berarti pemaksimalan nilai yang dihasilkan dari penggunaan spektrum yang tersedia termasuk penyediaan jasa umum yang menggunakan spektrum frekuensi yang dilakukan oleh pihak pemerintah. Perdagangan spektrum merupakan salah satu pendekatan yang paling efisien secara ekonomis karena sebuah kegiatan jual beli hanya akan terjadi jika spektrum frekuensi yang diperdagangkan memiliki nilai ekonomis yang lebih tinggi bagi pembeli dibandingkan yang dirasakan oleh penjual. Perdagangan spektrum tidak lepas dari peranan regulator, khususnya dalam penentuan harga jual spektrum. Harga jual spektrum sedapat mungkin harus mendekati nilai biaya yang berkaitan dengan spektrum tersebut. Jika kondisi perdagangan bebas yang terjadi, maka peluang terjadinya pasar oligopoli, atau bahkan pasar monopoli, sangat tinggi. Untuk menghindari pasar oligopoli atau monopoli, regulator harus dapat menyesuaikan distribusi spektrum frekuensi kepada pelaku pasar agar kompetisi yang sehat dapat tetap berlangsung. Pendistribusian oleh regulator seperti inilah yang umumnya dilakukan di semua negara di dunia untuk alokasi spektrum frekuensi GSM karena sampai saat ini spektrum frekuensi GSM merupakan spektrum komersial dengan nilai ekonomis yang cukup tinggi.

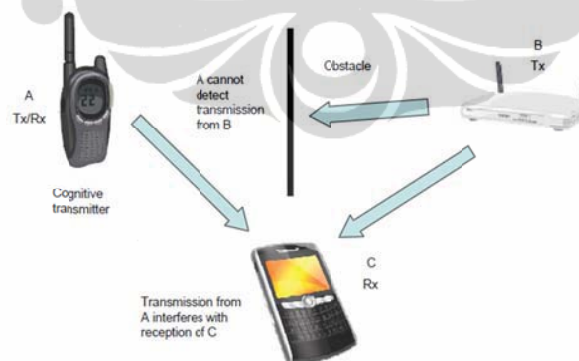
Pendekatan teknis menekankan pada efisiensi teknis penggunaan spektrum frekuensi. Penggunaan spektrum yang secara teknis efisien berarti penggunaan sebanyak mungkin suatu alokasi spektrum frekuensi, atau dengan kata lain mencapai tingkat utilisasi spektrum frekuensi setinggi mungkin. Teknologi yang digunakan dalam *spectrum sharing* dibedakan menjadi dua yaitu teknologi yang bersifat *underlay* dan teknologi yang bersifat *overlay*. Teknologi yang bersifat *underlay* berarti sinyal dari pengguna sekunder dengan rapat daya spektral yang sangat rendah dapat muncul bersamaan dengan pengguna primer pada spektrum frekuensi yang sama. Pengguna primer akan melakukan transmisi pada daya yang lebih tinggi dan pengguna sekunder melakukan transmisi pada daya yang cukup rendah, sebaiknya di bawah batas maksimal toleransi noise (*noise floor*) milik

primary user. Contohnya adalah sistem komunikasi yang menggunakan prinsip *ultra wide band* (UWB) dan *spread spectrum*. Teknologi yang bersifat *overlay* berarti pengguna sekunder memanfaatkan kekosongan pada spektrum frekuensi milik pengguna primer untuk melakukan komunikasi tanpa mengganggu transmisi pengguna primer. Pendekatan seperti ini dikenal juga dengan *dynamic spectrum access* (DSA). DSA memungkinkan beberapa hal berikut untuk dilakukan:

1. Memantau spektrum frekuensi yang digunakan oleh pengguna lain.
2. Mendeteksi celah frekuensi yang sedang tidak digunakan.
3. Mengubah frekuensi kerja dan mengatur daya transmisi perangkat.

Di samping kelebihan pendekatan DSA, ada beberapa tantangan yang harus dihadapi, antara lain:

1. Peluang terjadi interferensi lebih besar yang dapat mengakibatkan penurunan kualitas komunikasi dan pelanggaran terhadap perjanjian atau regulasi yang berlaku.
2. Isu teknis berupa persaingan perangkat akan spektrum frekuensi yang sama (kasus *hidden node*) dan pembuatan perangkat telekomunikasi menjadi lebih rumit. *Hidden node* merupakan kondisi dimana sebuah perangkat tidak dapat mendeteksi keberadaan perangkat lain yang bersaing untuk menggunakan spektrum yang sama karena transmisi perangkat lain tersebut terhalang oleh objek tertentu.



Gambar 2.12 Ilustrasi *Hidden Node* [7]

Pendekatan DSA dapat diakomodasi menggunakan teknologi *software defined radio* (SDR) dan radio kognitif.

2.2.2 *Infrastructure Sharing*

Infrastructure sharing merupakan penggunaan bersama sumber daya fisik oleh beberapa pihak. Jenis *sharing* ini dapat dibagi menjadi 2 kategori yaitu:

1. *Passive infrastructure sharing*.

Pada jaringan telekomunikasi bergerak, infrastruktur ini meliputi kabel listrik, kabel serat optik, tiang dan menara pemancar, *shelter*, rak, sumber daya listrik, pendingin ruangan, dll.

2. *Active infrastructure sharing*.

Pada jaringan telekomunikasi bergerak, infrastruktur ini meliputi BSC, RNC, *switch*, *broadband remote access server*, dll.

Para operator selular, dengan modal yang cukup, dapat dengan mudah membangun dan memiliki semua infrastruktur yang dibutuhkan tanpa melakukan *sharing*. Walaupun demikian, ada alasan-alasan lain yang mendukung untuk dilakukannya *infrastructure sharing*, antara lain:

1. Pertimbangan aspek lingkungan dan kesehatan.

Dilihat dari sudut pandang estetika, pembangunan menara pemancar dalam jumlah yang berlebih dapat mengurangi keindahan dan mengganggu tata kota. Selain itu, masyarakat juga memiliki kekhawatiran akan dampak gelombang elektromagnetik yang dipancarkan terhadap kesehatan mereka.

2. Memfasilitasi penggelaran jaringan.

Dengan menggunakan infrastruktur secara bersama, biaya dan waktu yang dibutuhkan untuk menggelar jaringan dapat lebih ditekan. Dengan demikian penggelaran jaringan dapat dilakukan dengan lebih murah dan cepat. Keuntungan ini mendukung terjadinya persaingan yang lebih baik antara operator besar dengan operator kecil.

2.2.3 *Mobile Roaming*

Roaming merupakan sebuah kondisi dimana pelanggan suatu operator telekomunikasi bergerak sedang berkunjung pada daerah yang tidak tercakup oleh layanan operatornya sendiri dan mendapatkan sambungan dan layanan dari operator lain [24]. Agar *roaming* dapat dilakukan, selain harus ada perjanjian

antara dua operator yang bekerjasama, perangkat pelanggan juga harus dapat digunakan pada jaringan operator di daerah tujuan.

Dalam perjanjian kerjasama *roaming*, operator tamu dapat meminta QoS yang terbaik kepada operator pemilik infrastruktur dan umumnya permintaan tersebut dipenuhi karena biasanya kerjasama *roaming* bersifat timbal balik. Misalkan operator A melakukan *roaming* di daerah cakupan operator B dan meminta QoS dengan kriteria tertentu yang cukup tinggi, maka biasanya operator B akan memenuhi permintaan QoS tersebut karena operator B juga melakukan *roaming* pada daerah lain yang hanya tercakup oleh operator A dan mengharapkan QoS yang sama baiknya dengan permintaan operator A sewaktu melakukan *roaming* pada wilayah cakupan operator B.

Terdapat dua jenis *mobile roaming*, yaitu *roaming* nasional dan *roaming* internasional. Perbedaan kedua jenis *roaming* ini adalah pada letak daerah asal dan daerah tujuan terhadap batas wilayah negara. Pada *roaming* nasional, daerah asal dan daerah tujuan pelanggan berada pada satu wilayah negara yang sama, sedangkan pada *roaming* internasional, daerah asal dan daerah tujuan pelanggan berada pada wilayah negara yang berbeda.

Tujuan utama diberlakukannya *roaming*, khususnya untuk jenis *roaming* nasional adalah untuk memperluas wilayah cakupan layanan. Dengan adanya perjanjian *roaming* nasional, operator yang ingin memperluas cakupannya tidak perlu membangun infrastruktur pada daerah yang belum terlayani, sehingga dapat menekan biaya dan waktu penyelenggaraan layanan.

Terlepas dari dampak efisiensi biaya dan waktu ini, ada beberapa isu mengenai *roaming* nasional yang perlu diperhatikan, yaitu:

1. Kewajiban pembangunan infrastruktur

Dengan diberlakukannya *roaming* nasional, operator dapat menyelenggarakan layanannya pada suatu daerah dengan bantuan infrastruktur operator lain. Hal ini dapat membuat operator yang sedang melakukan ekspansi cakupan kurang termotivasi membangun infrastrukturnya sendiri. Masalah ini dapat diatasi oleh regulator dengan mewajibkan operator yang bersangkutan membangun

infrastrukturnya sendiri dalam batas waktu tertentu sejak kerjasama *roaming* dilakukan.

2. Keseragaman penawaran layanan

Jenis layanan yang dapat ditawarkan pada daerah tujuan *roaming* sangat tergantung pada operator yang memiliki infrastruktur pada daerah tersebut. Hal ini berpotensi menyebabkan adanya kesamaan jenis layanan yang ditawarkan dan membatasi inovasi yang dapat dilakukan oleh operator tamu.

3. Melemahnya persaingan

Pada kerjasama *roaming*, ada biaya tambahan yang dibebankan oleh operator pemilik infrastruktur kepada operator tamu sebagai biaya penggunaan infrastruktur jaringan. Hal ini menyebabkan melemahnya persaingan antar operator dari segi tarif karena operator tamu tidak fleksibel dalam melakukan penawaran tarif. Keseragaman jenis layanan seperti yang telah dijelaskan pada poin sebelumnya juga membuat persaingan dari segi teknologi menjadi kurang menarik.

2.2.4 Channel Assignment

Pada sistem komunikasi radio, salah satu faktor yang membatasi penggunaan kanal frekuensi secara berulang (*frequency reuse*) adalah interferensi. Salah satu cara untuk mengatasi masalah ini adalah dengan menggunakan teknik *channel assignment* (pembagian kanal). *Channel assignment* menggunakan algoritma yang memanfaatkan karakteristik atenuasi pada propagasi gelombang radio untuk meminimalkan interferensi yang terjadi sehingga efisiensi penggunaan berulang spektrum radio dapat ditingkatkan.

Berdasarkan cara pembagian kanal frekuensi stasiun-stasiun radio, *channel assignment* dibagi menjadi 3 skema, yaitu *Fixed Channel Allocation* (FCA), *Dynamic Channel Allocation* (DCA), dan *Hybrid Channel Allocation* (HCA) [25].

2.2.4.1 *Fixed Channel Allocation (FCA)*

Pada FCA, sejumlah kanal dialokasikan secara permanen kepada setiap stasiun radio atau sel yang ada. Dengan demikian, sel tidak dapat menggunakan kanal frekuensi yang tidak dialokasikan kepadanya.

Pada skema FCA yang sederhana, setiap sel yang ada mendapatkan alokasi jumlah kanal yang sama. Pengalokasian jumlah kanal yang seragam seperti ini efisien jika beban trafik yang terdapat ada setiap sel juga seragam. Pada kenyataannya, beban trafik setiap sel yang ada tidaklah sama. Pengalokasian jumlah kanal yang seragam untuk setiap sel akan berakibat pada tingginya prosentase trafik yang terblokir pada sejumlah sel, sedangkan pada saat yang sama sel lainnya masih memiliki sejumlah kanal yang tidak terduduki oleh trafik. Pada kondisi seperti ini efisiensi kanal frekuensi tergolong rendah.

Untuk menghadapi kondisi beban trafik yang tidak seragam pada setiap sel, digunakan 2 pendekatan, yaitu:

1. Skema pengalokasian kanal tidak seragam

Pada skema ini, jumlah kanal yang dialokasikan kepada sebuah sel mengikuti profil beban trafik yang dimiliki sel tersebut. Sel dengan beban yang lebih banyak akan mendapat alokasi jumlah kanal yang lebih banyak daripada sel yang memiliki profil beban yang rendah.

2. Skema peminjaman kanal

Pada skema ini, setiap sel akan mendapat jumlah alokasi kanal yang sama, tetapi jika ada sel yang mengalami kelebihan beban trafik, maka kanal yang tidak terpakai pada sel lain akan dipinjamkan kepada sel ini dengan syarat kanal yang dipinjam ini tidak menimbulkan interferensi yang melebihi batas yang telah ditetapkan.

2.2.4.2 *Dynamic Channel Allocation (DCA)*

Pada FCA, kanal frekuensi tidak dibagikan langsung ke setiap sel yang ada pada sebuah jaringan. Kanal frekuensi akan diberikan kepada sebuah sel hanya pada saat ada kebutuhan untuk melayani trafik. Jika sebuah panggilan sudah selesai, maka frekuensi tersebut akan ditarik dari sel tersebut. Semua kanal frekuensi dapat dengan bebas digunakan oleh setiap sel dengan syarat penggunaan

kanal tersebut tidak menimbulkan interferensi yang besarnya melebihi batas yang ditetapkan.

Prinsip DCA adalah mengevaluasi kandidat kanal-kanal frekuensi yang akan dialokasikan kepada sebuah sel dengan menghitung besar biaya/usaha yang harus dikeluarkan jika sebuah kanal dialokasikan kepada sebuah sel. Kanal yang akan dipilih adalah kanal dengan besar biaya/usaha terendah dan memenuhi batas interferensi tertentu. Berikut ini adalah beberapa faktor biaya/usaha yang akan diperhitungkan dalam pemilihan kanal, yaitu:

1. Peluang terjadinya trafik terblokir pada lingkungan sekitar sebuah sel di masa mendatang.
2. Banyaknya permintaan kepada kandidat kanal.
3. Jarak pisah untuk melakukan pengulangan frekuensi (*frequency reuse distance*).
4. Distribusi pendudukan kanal pada kondisi saat perhitungan dilakukan.
5. Hasil pengukuran parameter radio oleh perangkat pengguna.

Berdasarkan pihak yang menentukan alokasi kanal frekuensi, DCA dibagi menjadi 2 jenis, yaitu:

1. Skema DCA terpusat

Pada skema ini pembagian kanal kepada sel-sel dilakukan oleh secara terpusat. Sel tidak berperan pada pemilihan kanal yang akan dialokasikan kepadanya. Selain pada sistem sel makro, skema DCA terpusat juga dapat memberikan pengaturan kanal yang optimal pada sistem sel mikro, tetapi akibatnya akan dibutuhkan pensinyalan yang jauh lebih banyak.

2. Skema DCA terdistribusi

Untuk sistem sel mikro, skema DCA terdistribusi lebih cocok untuk diterapkan karena pengalokasian kanal dilakukan secara lokal oleh sel. Terdapat dua jenis pendekatan yang dapat digunakan oleh sel dalam mengalokasikan kanal. Yang pertama adalah dengan menggunakan informasi kanal-kanal yang digunakan oleh sel di sekitarnya. Dengan mengetahui kanal-kanal yang digunakan oleh sel lain di sekelilingnya, sebuah sel dapat mengetahui kanal mana yang masih dapat digunakan

olehnya untuk melayani trafik tanpa menyebabkan interferensi yang berarti dengan sel lain. Pendekatan yang kedua adalah dengan menggunakan informasi pengukuran kekuatan sinyal untuk menghindari interferensi. Pada pendekatan ini sel tidak mengetahui kanal yang digunakan oleh sel-sel sekitarnya. Selama sebuah kanal tidak berpotensi menimbulkan interferensi berdasarkan hasil pengukuran kekuatan sinyal, maka kanal yang bersangkutan dapat digunakan pada sel tersebut.

Perbandingan antarskema DCA dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan perbandingan antara FCA dan DCA dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.1 Perbandingan Skema DCA [25]

	<i>Centralized DCA</i>	<i>Cell-Based Control Distributed DCA</i>	<i>Measurement-Based Distributed DCA</i>
<i>Advantages</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Near Optimum Channel Allocation 	<ul style="list-style-type: none"> • Near Optimum Channel Allocation 	<ul style="list-style-type: none"> • Sub-Optimum Channel Allocation • Simple Assignment Algorithm • Use of Local Information • Minimum Communication with other Base Stations • Self Organized • Increases system capacity, efficiency, radio coverage • Fast Real Time Processing • Adaptive to Traffic Changes
<i>Disadvantages</i>	<ul style="list-style-type: none"> • High centralized Overhead 	<ul style="list-style-type: none"> • Extensive communication with other stations 	<ul style="list-style-type: none"> • Increased co-channel Interference • Increased Interruption, deadlock probability and instability

Tabel 2.2 Perbandingan FCA dengan DCA [25]

<i>FCA</i>	<i>DCA</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Performs better under heavy traffic • Low Flexibility in Channel Assignment • Maximum Channel Reusability • Sensitive to time and spatial changes • Not stable grade of service per cell in an interference cell group • High forced call termination probability • Suitable for large cell environment • Low flexibility 	<ul style="list-style-type: none"> • Performs better under light/moderate traffic • Flexible Allocation of Channels • Not always maximum Channel Reusability • Insensitive to time and time spatial changes • Stable grade of service per cell in an interference cell group • Low to moderate forced call termination probability • Suitable in micro-cellular environment • High Flexibility
<ul style="list-style-type: none"> • Radio equipment covers all channels assigned to the cell • Independent Channel • Control • Low Computational Effort • Low Call set up delay • Low implementation Complexity • Complex, labor intensive frequency planning • Low signalling load • Centralized Control 	<ul style="list-style-type: none"> • Radio equipment covers the temporary channels assigned to the cell • Fully Centralized to Fully distributed Control dependent on the scheme • High Computational Effort • Moderate to High Call set up delay • Moderate to high implementation complexity • No frequency planning • Moderate to high signalling load • Centralized, decentralized, distributed control depending on the scheme

2.2.4.3 Hybrid Channel Allocation (HCA)

HCA merupakan gabungan dari FCA dan DCA. Pada HCA, seluruh kanal yang tersedia dibagi menjadi 2 bagian, sebagian akan dialokasikan secara permanen seperti pada FCA, dan sebagian lainnya akan dialokasikan secara dinamis seperti pada DCA. Trafik yang datang pertama akan dilayani oleh sel menggunakan kanal frekuensi yang permanen. Jika ternyata jumlah kanal permanen kurang, maka kanal yang bersifat dinamis akan diberikan kepada sel tersebut untuk melayani trafik. Faktor yang berpengaruh pada kinerja HCA adalah perbandingan antara jumlah kanal yang permanen dengan jumlah kanal yang dinamis. Perbandingan jumlah kanal ini merupakan fungsi dari beban trafik dan akan berubah seiring waktu berdasarkan distribusi beban trafik.

2.3 Radio Kognitif / *Cognitive Radio* (CR)

2.3.1 Definisi Radio Kognitif

Istilah radio kognitif diperkenalkan pertama kali oleh Joseph Mitola III dan Gerald Q. Maguire, Jr pada tahun 1999. Joseph Mitola kemudian mendeskripsikan radio kognitif sebagai kondisi dimana perangkat personal nirkabel dan jaringan yang berkaitan memiliki kecerdasan komputasi tentang sumber daya radio dan komunikasi antarkomputer untuk mendeteksi kebutuhan pengguna dan menyediakan sumber daya radio dan layanan nirkabel yang sesuai dengan kebutuhan tersebut. Menurut Mitola, radio kognitif seharusnya menjadi arah pengembangan dari teknologi *software defined radio* (SDR).

ITU-R *Study Group* 1 mengembangkan definisi radio kognitif untuk kemudahan dalam melakukan diskusi. Radio kognitif adalah sebuah sistem radio yang menggunakan teknologi yang memungkinkan sistem untuk mengetahui lingkungan operasi dan geografisnya, mengatur parameter dan protokol operasinya secara dinamis dan mandiri untuk mencapai tujuan tertentu yang telah ditentukan, dan belajar dari hasil penyesuaian yang telah dilakukan. Radio kognitif menggunakan konsep SDR untuk mengadaptasi kondisi internalnya dengan kondisi eksternalnya.

Menurut ITU-R *Study Group* 1, SDR adalah sebuah radio pengirim dan/atau penerima yang menggunakan teknologi yang memungkinkan parameter

operasi radio, misalkan rentang frekuensi kerja, jenis modulasi, dan daya pancar, untuk diubah menggunakan perangkat lunak di luar parameter yang ditentukan oleh standar tertentu. Untuk mempermudah pemahaman, *hardware defined radio* atau perangkat radio yang ada saat ini dapat dianalogikan seperti mesin ketik, kalkulator, meja gambar, dan perangkat lainnya yang hanya memiliki satu fungsi khusus saja, sedangkan SDR dapat dianalogikan seperti komputer *desktop/laptop* saat ini yang dengan kecerdasan prosesornya dapat melakukan fungsi mesin ketik, kalkulator, meja gambar, dan fungsi-fungsi lainnya pada satu perangkat saja.

Dari definisi radio kognitif menurut ITU-R Study Group 1, dapat terlihat tiga aktivitas utama yang dilakukan oleh perangkat yang mengakomodasi teknologi radio kognitif yaitu:

1. Memantau kondisi eksternal dimana perangkat beroperasi, termasuk di dalamnya *spectrum sensing*.
2. Menyesuaikan kondisi internal perangkat agar dapat beroperasi dengan baik di lingkungan tersebut.
3. Menyimpan data aktivitas historis untuk membantu pengambilan keputusan di masa mendatang.

2.3.2 Fitur Radio Kognitif

Untuk memperjelas konsep tentang radio kognitif, berikut ini adalah beberapa fitur/properti yang dimiliki oleh teknologi ini beserta penjelasannya [13].

2.3.2.1 *Location awareness*

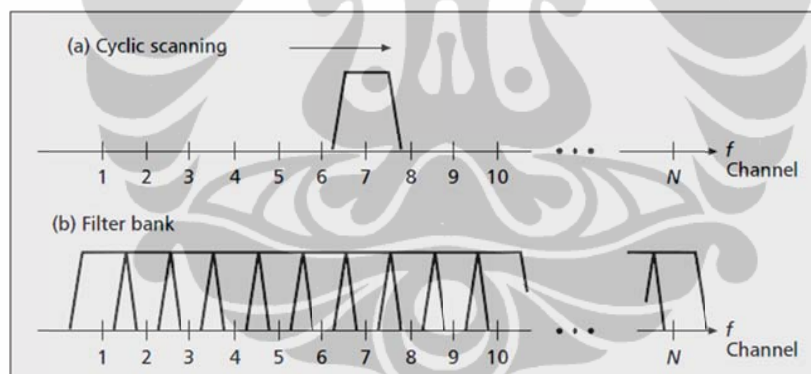
Perangkat radio kognitif, baik penerima maupun pemancar, harus mengetahui lokasinya dan lokasi perangkat radio kognitif lainnya terutama yang menggunakan sumber daya frekuensi yang sama. Informasi lokasi ini harus diperbaharui terus-menerus secara periodik. Bagi perangkat penerima, misalnya telepon genggam, informasi lokasi ini berguna untuk mengetahui lokasi telepon genggam lain yang menggunakan sumber daya frekuensi yang sama, sehingga dapat mengatur daya transmisi agar tidak menimbulkan interferensi dengan pengguna lain. Bagi pemancar, misalnya BTS A, informasi lokasi tentang BTS B,

C, D, dst dan perangkat penerima yang terhubung dengan BTS A sendiri dan BTS lain berguna untuk mengatur daya pancarnya dan untuk melakukan *beamforming* ke arah perangkat yang terhubung ke BTS A saja agar tidak menimbulkan interferensi dengan perangkat lain yang terhubung ke BTS lain.

2.3.2.2 Spectrum awareness

Pengetahuan kondisi akan spektrum sangatlah penting bagi perangkat radio kognitif. Perangkat harus dapat mendeteksi mana celah spektrum frekuensi yang kosong untuk melakukan transmisi sehingga tidak menimbulkan interferensi bagi perangkat lain yang menggunakan spektrum frekuensi yang sama. Dua metode dapat digunakan untuk menemukan celah spektrum kosong yaitu:

1. Melakukan *scanning* pada rentang frekuensi tertentu.
2. Memantau rentang frekuensi yang lebar sekaligus dengan bantuan *filter bank*.



Gambar 2.13 Metode Deteksi Spektrum [13]

Metode deteksi dengan menggunakan *filter bank* lebih rumit dan mahal karena harus menggunakan banyak rangkaian *filter* dengan ketepatan yang cukup tinggi untuk pemantauan spektrum yang akurat. Metode *scanning* lebih masuk akal untuk diterapkan walaupun memiliki keterbatasan juga. Keterbatasan metode ini adalah waktu yang lama dalam mengumpulkan informasi pada rentang spektrum frekuensi yang lebar sehingga data yang dikumpulkan bersifat lampau dan merupakan data statistik. Data statistik yang sudah terkumpul dapat diolah untuk membuat urutan prioritas frekuensi mana yang harus dideteksi ketika perangkat

radio kognitif akan melakukan transmisi di masa mendatang sehingga perangkat tidak perlu melakukan *scanning* pada rentang frekuensi yang terlalu besar. Data statistik ini kemudian disimpan pada sebuah basis data. Sumber data pada basis data dapat berasal dari pemantauan satu pihak saja maupun berasal dari hasil pemantauan spektrum frekuensi oleh beberapa pihak. Data statistik hasil pemantauan yang berasal dari banyak pihak lebih akurat karena sample yang lebih banyak. Data statistik ini kemudian dapat juga didistribusikan menggunakan *pilot channel*. Pilot channel merupakan sebuah kanal frekuensi khusus yang membawa informasi statistik spektrum frekuensi dan dipancarkan terus menerus.

2.3.2.3 Kontrol daya (*power control*)

Dalam melakukan transmisi, perangkat radio kognitif harus mengatur daya yang dipancarkan sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu perangkat radio kognitif lain yang menggunakan spektrum frekuensi yang sama dengan lokasi yang berdekatan. Prinsip dasarnya adalah perangkat radio kognitif harus menggunakan daya serendah mungkin untuk mencapai pemancar/penerimanya dengan tidak mengabaikan QoS.

2.3.2.4 Analisis sinyal radio (*radio signal analysis*)

Analisis sinyal radio yang dimaksud adalah pendeteksian jenis modulasi oleh perangkat penerima. Walaupun proses modulasi/demodulasi dilakukan secara lokal/*offline* (hanya melibatkan perangkat penerima saja), tetapi pendeteksian tetap harus dilakukan pada saat transmisi/*online*.

2.3.3 Hambatan Realisasi Radio Kognitif

Radio kognitif yang berbasis SDR sampai saat ini belum dapat direalisasikan karena terhambat oleh keterbatasan teknologi yang ada saat ini untuk mewujudkan kemampuan SDR. Ofcom mengemukakan beberapa keterbatasan dalam penelitiannya [17], yaitu:

1. Pembuatan antena yang mampu bekerja pada rentang frekuensi yang besar dan memiliki ukuran yang dapat diaplikasikan pada perangkat pengguna yang ukurannya relatif kecil.

2. Kemampuan prosesor dalam memproses sinyal yang belum dapat mengimbangi perkembangan standar teknologi telekomunikasi yang cepat.
3. Perubahan perilaku dan konfigurasi perangkat yang menimbulkan isu keamanan.

2.3.4 Perizinan Spektrum dan Peran Regulator

Penggunaan teknologi atau metode radio kognitif secara tidak langsung akan berdampak pada perizinan penggunaan spektrum frekuensi dan peran pihak regulasi. *Radio Spectrum Policy Group* (RSPG) Eropa memberikan gambaran tentang peranan regulator pada model penggunaan spektrum yang berbeda [7]. Pada setiap model terdapat dua jenis *spectrum sharing* yaitu *vertical sharing* dan *horizontal sharing*. *Vertical sharing* merupakan kondisi dimana perangkat/pengguna radio kognitif menggunakan spektrum frekuensi secara oportunistik dan tidak boleh mengganggu perangkat/pengguna primer, sedangkan pada *horizontal sharing* semua perangkat/pengguna mempunyai hak yang sama dalam mengakses spektrum frekuensi.

1. Model penggunaan spektrum secara kolektif

Pada model penggunaan spektrum secara kolektif tidak ditentukan berapa banyak jumlah pengguna/perangkat yang dapat mengakses spektrum frekuensi tertentu secara bersamaan pada wilayah tertentu.

a. *Vertical sharing*

Pada jenis *sharing* ini, regulator menentukan spektrum mana yang dapat diakses secara oportunistik oleh pengguna sekunder dan ketentuan teknis yang berlaku dalam mengakses spektrum.

b. *Horizontal sharing*

Pada jenis *sharing* ini, selain menentukan spektrum mana yang dapat digunakan bersama, regulator juga memberikan batasan-batasan bagi pengguna dalam mengakses spektrum. Hal ini bertujuan untuk memastikan setiap pengguna mempunyai hak dan kesempatan yang sama untuk mengakses suatu spektrum frekuensi.

2. Model izin spektrum yang dapat diperjualbelikan atau disewakan

Pada model ini, izin penggunaan spektrum diserahkan hanya kepada lembaga tertentu, misalnya kepada penyelenggara jaringan. Selanjutnya, lembaga tersebut dapat menyewakan spektrum miliknya kepada pihak lain sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

a. *Vertical sharing*

Pada jenis sharing ini, pengguna sekunder menggunakan spektrum yang sedang tidak digunakan oleh pengguna primer secara oportunistik. Ketentuan penggunaan spektrum oleh pengguna sekunder akan ditentukan oleh pengguna primer. Ketentuan ini harus mengikuti kerangka ketentuan penggunaan spektrum yang diberikan oleh badan regulasi, termasuk di dalamnya metode penyelesaian masalah antara pengguna primer dan pengguna sekunder.

b. *Horizontal sharing*

Pada jenis sharing ini, pemilik spektrum mengalokasikan porsi spektrum untuk dapat digunakan oleh pengguna sekunder. Setiap pengguna sekunder memiliki hak dan kesempatan yang sama dalam menggunakan porsi spektrum ini. Selain menyediakan kerangka ketentuan penggunaan spektrum dan metode penyelesaian masalah antara pengguna primer dan pengguna sekunder, regulator juga memberikan ketentuan teknis yang diterapkan pada porsi spektrum untuk pengguna sekunder.

2.3.5 Radio Kognitif pada Sistem Telekomunikasi Selular

Terdapat 3 jenis pendekatan manajemen spektrum pada penerapan radio kognitif dilihat dari sudut pandang arsitekturnya yaitu *Dynamic Spectrum Allocation*, *Dynamic Spectrum Selection* (DSS), dan *network-assisted DSS* [1]. Pada *Dynamic Spectrum Allocation*, pengalokasian spektrum dilakukan oleh sisi pengelola jaringan secara dinamis tergantung kebutuhan perangkat pengguna. Sedangkan pada DSS, pengaturan penggunaan spektrum diserahkan pada

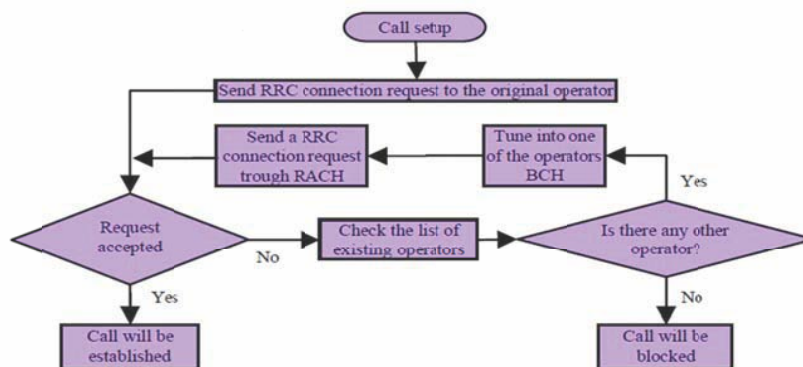
perangkat pengguna. Pada *network-assisted* DSS, tanggung jawab pengaturan penggunaan spektrum dibagi antara pengelola jaringan dan pengguna.

Sebuah penelitian mengusulkan penggunaan *network-assisted* DSS pada sistem selular untuk penerapan radio kognitif [1]. Penelitian tersebut mensyaratkan perangkat pengguna/*mobile station* (MS) sudah mengakomodasi kemampuan kognitif sederhana sehingga mampu untuk memilih dan berkomunikasi dengan jaringan operator manapun yang dapat terdeteksi oleh MS.

Berikut ini adalah prosedur melakukan panggilan yang diusulkan:

1. MS selalu terhubung pada *home network*-nya pada kondisi *idle* dan akan menerima informasi tentang keadaan kapasitas *home network*.
2. Saat akan melakukan panggilan, MS mengirimkan permintaan akan sumber daya jaringan kepada *home network*, dalam hal ini *time slot*.
3. Jika *home network* mampu menampung dan melayani MS ini, maka panggilan dapat dilakukan menggunakan *home network*.
4. Jika *home network* tidak mampu menampung MS ini, MS akan menghubungkan dirinya dengan jaringan operator lain/*host network*.
5. MS akan mengirimkan permintaan akan sumber daya jaringan kepada *host network*.
6. Jika *host network* mampu menampung dan melayani MS, maka panggilan dapat dilakukan menggunakan *host network*. Jika tidak, MS akan mencari *host network* lain dan proses ini akan berulang.
7. Jika tidak ada satupun operator yang mampu menampung MS ini, maka terjadi *blocked call* untuk panggilan tersebut.

Diagram alir prosedur melakukan panggilan oleh MS adalah sebagai berikut.

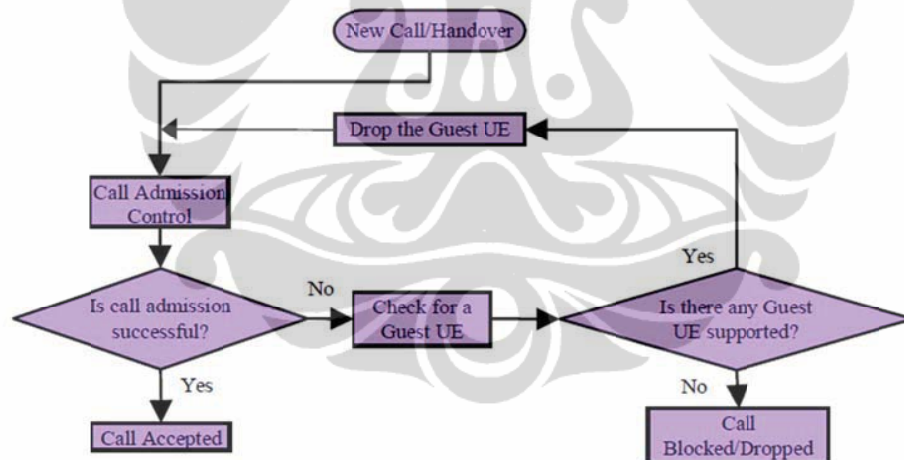


Gambar 2.14 Diagram Alir Proses Melakukan Panggilan [1]

Dalam melayani MS, operator yang berperan sebagai *host network* mempunyai dua pendekatan penanganan jika ada MS milik *host network* (pengguna primer) akan melakukan panggilan juga tetapi *time slot* yang ada terpakai penuh dan ternyata ada MS dari operator lain (pengguna sekunder) yang sedang terhubung pada *host network* tersebut.

1. Pendekatan *polite* yang artinya *host network* akan terus melayani panggilan milik pengguna sekunder sampai selesai dan permintaan panggilan baru dari pengguna primer akan ditolak jika *time slot* terpakai penuh.
2. Pendekatan *impolite*, artinya jika ada permintaan panggilan dari pengguna primer dan semua *time slot* terpakai, maka hubungan dengan pengguna sekunder akan diputus dengan pemberitahuan terlebih dahulu agar pengguna dapat mencari jaringan lainnya.

Diagram alir pendekatan *impolite* dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.15 Diagram Alir Pendekatan *Impolite* [1]

Berikut ini adalah prosedur penanganan pengguna oleh *host network* dengan pendekatan *impolite*:

1. *Host network* menerima permintaan sambungan dari pengguna primernya.

2. Jika permintaan sambungan gagal karena penuhnya jaringan, *host network* akan memeriksa apakah ada pengguna sekunder yang sedang terhubung dengannya.
3. Jika ada pengguna sekunder yang terhubung, maka sambungan dengan pengguna sekunder tersebut akan diputus.
4. Jika tidak ada pengguna sekunder yang terhubung, maka permintaan sambungan dari pengguna primer akan digagalkan karena memang jaringan sudah penuh dengan pengguna primer lainnya.

2.4 Manajemen Strategis

Dalam pembentukannya, sebuah perusahaan pasti memiliki tujuan tertentu, tidak terkecuali operator selular. Dua tujuan yang umumnya ditemukan dalam sebuah perusahaan adalah tujuan keuangan dan tujuan strategis. Tujuan keuangan mencakup hal-hal yang berkaitan dengan pertumbuhan pendapatan, pertumbuhan laba, dividen yang lebih tinggi, margin laba yang lebih besar, pengembalian atas investasi yang lebih besar, laba per saham yang lebih tinggi, arus kas yang membaik, dll. Tujuan strategis mencakup hal-hal seperti pangsa pasar yang lebih besar, waktu masuk ke pasar yang lebih cepat dibandingkan pesaing, biaya yang lebih rendah, kualitas produk yang lebih tinggi, menjadi pemimpin teknologi, dll [4].

Untuk mencapai tujuan, baik tujuan keuangan maupun strategis, sebuah perusahaan seperti operator selular yang saat ini sedang menghadapi persaingan yang ketat, harus memiliki gagasan dari manajemen strategis, yaitu mempertahankan keunggulan kompetitif. Selain untuk mencapai tujuan, keunggulan kompetitif akan membantu perusahaan untuk bertahan, bahkan menjadi unggul dalam persaingan.

Salah satu cara untuk mempertahankan keunggulan kompetitif adalah dengan mengantisipasi perubahan pada faktor eksternal. Faktor eksternal adalah segala sesuatu yang berada di luar kendali perusahaan. Faktor eksternal secara garis besar dapat dikategorikan menjadi lima [4], yaitu:

1. Faktor ekonomi.
2. Faktor sosial, budaya, demografis, dan lingkungan.

3. Faktor politik, pemerintahan, dan hukum.
4. Faktor teknologi.
5. Faktor kompetitif.

Antisipasi dapat dilakukan dengan menghindari efek ancaman dari faktor eksternal, menangkap peluang eksternal, atau kedua-duanya. Penggunaan radio kognitif sifatnya cenderung lebih ke arah membantu operator selular menangkap peluang eksternal daripada menghindari ancaman eksternal.

Teknologi radio kognitif memanfaatkan peluang yang ada pada faktor teknologi. Seiring dengan perkembangan teknologi komputasi dan pemrosesan sinyal, dapat diciptakan sebuah perangkat telekomunikasi cerdas yang dapat memantau dan menyesuaikan kinerjanya terhadap sistem komunikasi radio di sekitarnya. Dengan kemampuan seperti ini, perangkat telekomunikasi ini dapat mendeteksi dan mengeksploitasi celah pada sumber daya frekuensi yang tidak terpakai, dan dapat menekan biaya pengelolaan jaringan oleh manusia.

Faktor eksternal lain yang dapat dimanfaatkan sebagai peluang adalah faktor kompetitif. Dengan radio kognitif, dimungkinkan adanya kerjasama mutualisme antaroperator selular yang saling bersaing. Operator yang membutuhkan kapasitas tambahan secara temporer dapat menggunakan teknologi radio kognitif untuk mengeksploitasi sumber daya frekuensi milik operator selular lain yang belum terpakai dengan menyewanya. Di sisi lain, operator yang sumber daya frekuensinya berlebih dan tidak terpakai dapat memperoleh pendapatan tambahan dari kelebihan sumber dayanya itu.

Pemanfaatan kedua peluang ini melalui penggunaan radio kognitif, selain untuk mempertahankan keunggulan kompetitif, juga dapat membantu operator selular dalam pencapaian tujuan keuangan yaitu peningkatan pendapatan yang berasal dari peningkatan jumlah pelanggan yang dapat dilayani dan dari penjualan kapasitas jaringan yang belum terpakai. Radio kognitif juga membantu pencapaian tujuan strategis operator selular yaitu peningkatan kualitas layanan. Peningkatan kualitas layanan yang dimaksud di sini adalah semakin sedikitnya jumlah panggilan yang terblokir akibat penuhnya kapasitas jaringan akses radio milik operator selular.

BAB 3

ANALISIS MODEL BISNIS DAN INVESTASI

3.1 Skenario Radio Kognitif

Skenario radio kognitif yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah penerapan dengan pendekatan *network-assisted* DSS seperti yang telah dijelaskan pada sub bab 2.3.5. Pendekatan ini dipilih karena pengguna tidak perlu mengganti perangkat Bergeraknya untuk dapat menikmati metode radio kognitif yang akan digunakan oleh operator selular, sehingga tidak ada biaya tambahan yang menjadi beban pelanggan.

Pada pendekatan *network-assisted* DSS ini diasumsikan perangkat pengguna/*mobile station* (MS) sudah mengakomodasi kemampuan kognitif sederhana. Dalam penelitian ini kemampuan kognitif yang sederhana diartikan sebagai kemampuan yang sudah dimiliki MS yang ada saat ini untuk memilih dan berkomunikasi dengan jaringan operator manapun yang dapat terdeteksi oleh MS yang mampu melayani kebutuhan pengguna [1], dalam hal ini adalah layanan suara.

Pendekatan penanganan panggilan oleh *host network* yang digunakan adalah pendekatan *impolite*. Pada pendekatan ini, jika ada pengguna primer *host network* akan melakukan panggilan sedangkan jaringan milik *host network* penuh dan ada pengguna sekunder yang masih terhubung, maka pengguna primer akan tetap diprioritaskan dengan memutuskan sambungan pengguna sekunder. Pemutusan sambungan didahului dengan pemberitahuan terlebih dahulu oleh *host network* agar pengguna sekunder dapat mencari jaringan lain untuk menampungnya sehingga panggilan milik pengguna sekunder yang sedang berlangsung tidak terputus. Pendekatan ini dipilih karena keberadaan pengguna sekunder pada *host network* tidak mengurangi kapasitas jaringan milik *host network*.

Berdasarkan prosedur *IMSI attach*, agar MS dapat menggunakan layanan yang ditawarkan operator, MS tersebut harus diakui oleh jaringan operator yang bersangkutan. Prosedur ini juga harus dapat dilakukan oleh MS ketika tersambung pada *host network* agar dapat menggunakan jaringan milik *host network*. Untuk

dapat melakukan IMSI *attach* oleh pengguna sekunder, HLR milik *home network* harus dapat diakses oleh *host network*.

Agar basis data pelanggan *home network* dapat diakses oleh *host network*, perlu dilakukan duplikasi HLR milik *home network* untuk diletakkan di sisi *host network*. Duplikasi HLR dilakukan agar *host network* tidak memiliki akses langsung menuju HLR milik *home network*. Hal ini dilakukan untuk alasan keamanan basis data. Setiap *host network* akan disediakan duplikat HLR yang terpisah dari *host network* lainnya. Hal ini dilakukan untuk mempermudah proses *troubleshooting* oleh *home network* jika terjadi masalah pada pengaksesan HLR duplikat oleh *host network*.

Dalam penelitian ini, operator yang berperan sebagai pemilik *home network* adalah PT. Telkomsel dan pemilik *host network* adalah operator selular selain PT. Telkomsel. Pada metode radio kognitif yang digunakan dalam penelitian ini, *home network* dan *host network* berada pada satu wilayah yang sama dan keduanya memiliki cakupan layanan pada daerah tersebut, dalam hal ini wilayah Jabodetabek. Metode radio kognitif ini berbeda dengan *roaming* yang dijelaskan oleh ICT regulation toolkit dimana pada *roaming* hanya ada satu pihak yang memiliki cakupan layanan di daerah tujuan pelanggan, yaitu *host network*.

Dibutuhkan 2 buah HLR untuk dapat menampung semua basis data pelanggan selular milik *home network* di Jabodetabek. Dalam penelitian ini, jumlah *host network* yang diperhitungkan adalah 4 operator. Jadi total tambahan HLR yang harus disediakan oleh *home network* adalah 8 buah.

3.2 Identifikasi Komponen Model Bisnis

Sebelum melakukan perhitungan investasi, gambaran tentang model bisnis operator selular akan diberikan melalui identifikasi komponen model bisnisnya.

Model bisnis adalah penjelasan tentang nilai-nilai yang ditawarkan perusahaan kepada satu segmen pelanggan atau lebih. Model bisnis juga menjelaskan struktur yang terdiri dari perusahaan dan jaringan rekanannya dalam menciptakan, menjual, dan menyampaikan nilai-nilai ini kepada pelanggan, dan juga hubungannya dengan modal, untuk menciptakan keuntungan dan pendapatan yang berkesinambungan [19].

Seringkali terjadi salah pengertian antara model bisnis dan komponen model bisnis. Salah satu contohnya adalah model bisnis toko online. Ini sebenarnya bukanlah model bisnis, hanya merupakan bentuk dari jalur penjualan yang harus dirancang dalam sebuah model bisnis. Contoh lain adalah model bisnis lelang *online*. Lelang *online* tidak dapat disebut sebagai model bisnis karena sebenarnya hanya merupakan strategi penentuan harga [19].

Sebuah model bisnis dapat digambarkan dengan identifikasi komponen-komponennya. Berikut ini akan dijelaskan 9 komponen yang perlu diidentifikasi [18].



Gambar 3. 1 Sembilan Komponen Model Bisnis [18]

3.2.1 Segmen Konsumen (*Customer Segments*)

Konsumen adalah aspek yang paling penting dalam sebuah bisnis karena konsumenlah sumber pendapatan bagi sebuah perusahaan. Seringkali dalam sebuah bisnis, perusahaan akan menemukan konsumen-konsumen yang memiliki karakteristik utama yang berbeda-beda. Itu sebabnya mengapa perlu dilakukan segmentasi konsumen/pasar. Tujuannya adalah agar perusahaan dapat memenuhi sebaik mungkin kebutuhan konsumen yang berbeda-beda karakteristiknya itu. Berikut ini adalah ciri-ciri konsumen yang harus dikategorikan menjadi segmen pasar tersendiri:

1. Kebutuhan/permintaan mereka membutuhkan penawaran yang berbeda.
2. Harus dijangkau dengan jalur distribusi yang berbeda.

3. Membutuhkan pendekatan yang berbeda.
4. Mendatangkan keuntungan yang berbeda secara signifikan.
5. Bersedia membayar untuk aspek yang lain dari sebuah penawaran.

Berdasarkan ciri-ciri tersebut, operator selular umumnya memiliki beberapa tipe pasar sebagai berikut:

1. Pasar massal

Pasar seperti ini dapat dikatakan tidak bersegmen karena melayani jumlah konsumen yang sangat besar dengan kebutuhan yang sama. Umumnya tipe pasar ini hanya membutuhkan layanan teleponi dasar dan SMS. Seiring dengan perkembangan tren, layanan data juga mulai diminati pada tipe pasar ini.

2. Pasar khusus

Pasar seperti ini umumnya mempunyai kebutuhan yang hampir sama tetapi ada faktor lain yang secara signifikan membedakan konsumen yang satu dengan yang lainnya. Konsumen yang termasuk dalam tipe pasar ini adalah pelanggan korporat yang memiliki kebutuhan yang berbeda dari pelanggan dari tipe pasar massal. Nilai yang ditawarkan pada pelanggan korporat umumnya tidak dapat ditemui pada tipe pasar massal.

3. Diversifikasi

Terkadang perusahaan harus melakukan diversifikasi bisnis untuk meraup keuntungan dari bidang bisnis yang berbeda. Seiring dengan tren penggunaan ponsel cerdas, selain menjual jasa telekomunikasi, operator selular juga menjual ponsel cerdas, yang biasanya dipaketkan dengan kartu perdana, seperti Blackberry dan iPhone untuk memenuhi kebutuhan segmen pengguna ponsel cerdas. Contoh lainnya adalah penjualan konten oleh operator selular.

3.2.2 Penawaran Nilai (*Value Propositions*)

Nilai yang ditawarkan oleh sebuah perusahaan harus benar-benar diperhatikan agar dapat memenuhi kebutuhan konsumen, dan sebisa mungkin unggul atau berbeda dari yang ditawarkan perusahaan pesaing. Perlu diingat

bahwa segmen konsumen yang berbeda akan membutuhkan penawaran nilai yang berbeda pula. Beberapa hal berikut adalah elemen yang berkontribusi dalam penawaran nilai kepada konsumen:

1. Pembaharuan/Inovasi

Pada operator selular, salah satu inovasi yang dirasakan konsumen adalah inovasi teknologi. Maka dari itu, operator selular sudah mengantisipasi perkembangan ini dengan memasukkan faktor pengakuisisian teknologi terbaru pada strateginya agar dapat menghadirkan pengalaman teknologi terbaru bagi konsumennya. Selain itu, inovasi produk berupa paket tarif yang baru juga menarik bagi konsumen.

2. Kustomisasi

Kustomisasi penawaran nilai tentu akan memberikan nilai lebih pada konsumen dengan kebutuhan yang unik dibandingkan konsumen lain. Contohnya adalah pelanggan korporat dari salah satu operator selular dapat menikmati kustomisasi layanan sebagai berikut:

- a. Kustomisasi solusi yang menawarkan berbagai macam solusi pendukung pelanggan korporat dalam berbisnis.
- b. Kustomisasi layanan berupa tim khusus yang akan melayani setiap pelanggan korporat.
- c. Kustomisasi *hotline* berupa layanan *hotline* 24 jam.
- d. Kustomisasi paket yang menawarkan tarif khusus.

3. Harga

Untuk menjadi unggul di tengah persaingan tarif, operator harus dapat menawarkan tarif sekompetitif mungkin untuk menarik pelanggan dan calon pelanggan. Variasi penawaran tarif tidak jarang diwujudkan dalam bentuk produk yang berbeda dan ditujukan untuk segmen konsumen yang berbeda juga. Sebagai contoh, salah satu operator selular membuat variasi produk yang ditujukan untuk segmen konsumen yang berbeda dengan penawaran tarif yang juga berbeda sebagai berikut:

- a. KartuHalo adalah produk dengan metode pembayaran pascabayar salah satu operator selular GSM di Indonesia. KartuHalo sendiri memiliki paket tarif yang berbeda-beda:
 - 1) HALOkeluarga dengan tarif yang lebih murah untuk berkomunikasi dengan anggota keluarga yang telah didaftarkan nomornya.
 - 2) HALObebas dengan kebebasan untuk mengubah tarifnya dengan mengubah paket tarifi kartuHalo-nya.
 - 3) HALOdata dengan tarif yang lebih murah untuk akses paket data.
 - 4) HALOhybrid yang dapat dengan bebas mengubah metode pembayaran dari pascabayar menjadi prabayar dan sebaliknya.
 - b. simPATI adalah produk dengan metode pembayaran prabayar. Program tarif andalan dari produk ini adalah program Talkmania.
 - c. Kartu As adalah produk yang ditujukan bagi konsumen yang membutuhkan tarif layanan yang inovatif dan lebih murah.
4. Kemudahan dan kenyamanan akses
- Kemudahan akses menuju suatu produk tentu akan menunjang penjualan atau penggunaan produk tersebut. Contohnya adalah penawaran cakupan jaringan terluas di seluruh Indonesia. Dengan keunggulan ini, konsumen tidak perlu khawatir tidak dapat berkomunikasi jika berada di daerah pedalaman. Konsumen yang sering melakukan perjalanan ke seluruh Indonesia akan lebih memilih operator selular yang cakupan jaringannya paling luas.
5. Merk dagang
- Beberapa konsumen hanya ingin menggunakan produk merk tertentu karena alasan prestise atau tingkat kepercayaan dalam menggunakan merk tersebut. Operator selular akan berusaha menciptakan gambaran diri yang sesuai dengan kondisi masyarakat atau target konsumennya. Contohnya adalah salah satu operator yang menambahkan unsur "*Fun and Excitement*" pada gambaran layanannya dengan memberikan skema tarif dan layanan nilai tambah (*value added service*) yang

mendukung terciptanya gambaran tersebut. Contoh lain adalah operator yang membangun gambaran tentang cakupan jaringan terluas yang dimilikinya dengan menyebutkan jumlah BTS yang dimiliki pada iklan-iklan yang ditampilkan.

3.2.3 Jalur Menuju Konsumen (*Channels*)

Jalur yang dimaksud di sini adalah jalur komunikasi, distribusi, dan penjualan. Jalur menuju ke konsumen mempunyai beberapa fungsi:

1. Membuat konsumen sadar akan keberadaan produk milik sebuah perusahaan.
2. Membantu konsumen untuk mengevaluasi nilai yang ditawarkan oleh perusahaan.
3. Memungkinkan konsumen untuk dapat membeli produk yang ditawarkan perusahaan.
4. Menyampaikan nilai yang ditawarkan kepada konsumen.
5. Menyediakan layanan purna jual kepada konsumen.

Jalur komunikasi operator selular dengan pelanggan sebagian besar dilakukan melalui iklan dan layanan *customer service*, baik yang melalui *hotline* telepon maupun pada kantor-kantor pelayanan operator selular. Sedangkan untuk distribusi kartu perdana dan isi ulang pulsa, operator selular umumnya melakukan penjualan baik secara langsung di kantor pelayanan maupun melalui pedagang retail biasa.

3.2.4 Hubungan dengan Konsumen (*Customer Relationships*)

Perusahaan harus menyesuaikan jenis hubungan dengan segmen konsumennya. Penjalinan hubungan dengan pelanggan biasanya memiliki tujuan untuk:

1. Akuisisi konsumen
2. Retensi pelanggan
3. Meningkatkan penjualan

Berikut ini adalah kategori hubungan dengan pelanggan yang biasa ditemui:

1. Asisten personal

Hubungan ini didasarkan pada interaksi personal dan berbasis manusia. Konsumen dapat berinteraksi dengan asisten penjualan mulai dari sebelum pembelian sampai sesudah terjadi pembelian. Asisten seperti ini dapat ditemui dalam bentuk *customer service* representatif baik melalui layanan *hotline* melalui telepon maupun pada pada kantor-kantor pelayanan operator selular.

2. Asisten personal terdedikasi

Jenis hubungan ini mengatur agar konsumen yang sama akan selalu dilayani oleh asisten yang sama. Biasanya jenis ini digunakan untuk hubungan dengan konsumen dalam jangka waktu yang relatif lama. Asisten seperti dapat ditemukan pada kustomisasi layanan untuk pelanggan korporat.

3. Pelayanan mandiri

Pada jenis ini, perusahaan tidak melakukan hubungan berkesinambungan dengan konsumen melainkan hanya menyediakan informasi selengkap mungkin agar konsumen merasa cukup dengan informasi itu. Contohnya adalah lembaran petunjuk yang dapat ditemukan pada kemasan kartu perdana yang mengandung semua informasi yang dibutuhkan untuk menggunakan sebuah kartu perdana. Contoh lainnya adalah website milik operator selular.

4. Pelayanan Terotomasi

Pada jenis ini, interaksi yang terjadi bukan dengan asisten berbasis manusia melainkan berbasis mesin/komputer. Contohnya adalah layanan pelanggan yang menggunakan jalur *hotline*, selain dapat berbicara dengan *customer service* representatif, konsumen juga dapat mencari informasi dengan mengakses menu yang disediakan oleh mesin penjawab otomatis.

5. Komunitas

Pada jenis ini, perusahaan berinteraksi dengan konsumen melalui perantara komunitas. Interaksi yang terjadi tidak hanya antara perusahaan dengan konsumen, tetapi juga antarkonsumen pada komunitas yang sama. Dengan berkembangnya teknologi informasi, hubungan dengan konsumen melalui komunitas menjadi lebih mudah dengan pembuatan komunitas maya/*online*. Berikut ini adalah beberapa komunitas yang dibentuk oleh salah satu operator selular untuk menampung pelanggannya:

- a. simPATIzone, yaitu wadah komunitas bagi pemakai kartu simPATI untuk menikmati beragam fasilitas dan informasi tambahan mengenai produk & layanan komunitas simPATIzone maupun Telkomsel secara umum.
- b. Telkomsel *School Community* yang merupakan wadah komunitas dari pelanggan Telkomsel di komunitas pelajar yang dibentuk untuk memberikan keuntungan lebih bagi para anggota komunitas, lewat diskon tarif dan kegiatan-kegiatan yang menghibur sekaligus mendidik.
- c. Telkomsel Prodigy (*Professional Developer Innovation Guild*) yang merupakan komunitas untuk pengembang aplikasi *mobile* yang dibentuk oleh Telkomsel. Ide awal pembentukan komunitas ini merupakan unjuk pemantauan dari Telkomsel akan banyaknya kapabilitas anak negeri dalam dunia kreasi aplikasi yang belum sepenuhnya disalurkan.

3.2.5 Sumber Pendapatan (*Revenue Streams*)

Dalam sebuah model bisnis, biasanya terdapat dua jenis sumber pendapatan menurut frekuensi terjadinya:

1. Pendapatan dari transaksi, yaitu pendapatan yang diperoleh hanya satu kali dari pembayaran konsumen.
2. Pendapatan yang berulang, yaitu pendapatan yang berasal dari konsumen yang sama yang terjadi terus-menerus secara teratur.

Berikut ini adalah sumber utama pendapatan bagi operator selular, yaitu pendapatan operasional:

1. Biaya penggunaan

Pendapatan didapat dari penggunaan konsumen atas produk yang dijual perusahaan dan jumlahnya tergantung besar pemakaian konsumen. Contohnya adalah pendapatan dari layanan telepon, SMS, dan layanan data menurut tarif yang ditentukan oleh operator selular.

2. Biaya berlangganan

Pendapatan didapat dari penggunaan konsumen atas produk yang dijual perusahaan dan jumlahnya tidak tergantung besar pemakaian konsumen. Pendapatan seperti ini cenderung berulang. Contohnya adalah pendapatan dari berlangganan paket internet *unlimited*.

3. Penyewaan

Pendapatan didapat dari penggunaan konsumen dalam rentang waktu penggunaan yang biasanya berbasis kontrak. Contohnya adalah pendapatan dari sewa interkoneksi antaroperator selular.

3.2.6 Sumber Daya Kunci (*Key Resources*)

Sumber daya kunci adalah sumber daya yang harus tersedia agar segala proses bisnis dapat berjalan. Perusahaan dengan bidang usaha yang beda akan membutuhkan sumber daya yang berbeda pula. Berikut ini adalah pengkategorian sumber daya kunci:

1. Sumber daya fisik

Sumber daya ini berupa aset yang mempunyai bentuk fisik nyata.

2. Sumber daya intelektual

Sumber daya ini berkaitan dengan merk, ilmu pengetahuan, hak paten, pengalaman, hubungan dengan rekanan dan pelanggan, dll yang tidak memiliki wujud fisik yang nyata. Pada operator selular, lisensi penggunaan frekuensi termasuk dalam jenis sumber daya ini.

3. Sumber daya manusia

Sumber daya manusia sangat penting karena semua proses bisnis pasti melibatkan manusia di dalamnya, terutama industri yang berbasis pengetahuan dan berbasis kreativitas.

4. Sumber daya keuangan

Selain manusia, sumber daya keuangan juga pasti dibutuhkan agar proses bisnis dapat berjalan.

Pada operator selular, sumber daya kunci yang membedakan industri ini dengan industri lain adalah pada sumber daya fisik yang berupa sistem telekomunikasi selular, mulai dari jaringan akses (*access network*), *core network*, sampai dengan *backbone*. Sumber daya kunci yang lain adalah sumber daya manusia untuk memelihara kualitas jaringan agar selalu dalam kondisi terbaiknya.

3.2.7 Aktivitas Kunci (*Key Activities*)

Seperti sumber daya kunci, aktivitas kunci juga merupakan aktivitas vital yang harus dilakukan agar proses bisnis berjalan dengan lancar. Sesuai dengan sumber daya kunci berupa sistem telekomunikasi selular, umumnya operator selular memiliki 3 aktivitas kunci:

1. Ekspansi jaringan, dalam hal ini ekspansi kapasitas dan ekspansi cakupan.
2. Pemeliharaan jaringan baik untuk pemeliharaan kondisi fisik perangkat maupun untuk pengaturan dan optimasi parameter jaringan.
3. Pengadopsian teknologi terbaru, baik untuk perangkat keras maupun perangkat lunak, yang dapat meningkatkan kinerja jaringan. Salah satu contohnya adalah *upgrade* perangkat lunak yang dapat memodifikasi lebih banyak parameter teknis dalam melakukan optimasi jaringan.
4. Penerapan teknologi ramah lingkungan dengan penerapan sumber energi alternatif atau dengan menggunakan perangkat yang efisiensi energinya yang lebih baik.

3.2.8 Hubungan Kerjasama (*Key Partnerships*)

Saat ini, hampir semua bisnis membutuhkan kerjasama dengan pihak lain dalam menjalankan operasinya. Beberapa jenis kerjasama yaitu:

1. Kerjasama strategis dengan perusahaan yang bukan kompetitor.

Contohnya:

- a. Vendor perangkat telekomunikasi.
- b. Vendor perangkat informasi dan teknologi.
- c. Perusahaan *outsorce* karyawan.
- d. Penyedia konten.
- e. Operator rekanan *roaming* di luar negeri.
- f. Pemasok kartu SIM.
- g. Distributor kartu perdana.
- h. Produsen ponsel.
- i. Penyedia jaringan *backbone*.

2. Kerjasama strategis dengan perusahaan kompetitor.

Contohnya adalah dalam hal:

- a. Interkoneksi yang sudah menjadi kewajiban setiap operator telekomunikasi.
- b. Sewa menyewa infrastruktur seperti menara dan *shelter*.
- c. Pada penerapan teknologi radio kognitif, sewa menyewa frekuensi dan infrastruktur juga dimungkinkan.

Beberapa motif yang memicu penjalinan kerjasama, antara lain:

1. Optimisasi dan alasan ekonomis.
2. Minimalisasi resiko.
3. Pemilikan sumber daya atau aktivitas tertentu.

3.2.9 Struktur Biaya (*Cost Structure*)

Semua aktivitas penciptaan nilai pasti membutuhkan biaya dan setiap jenis bidang bisnis akan memiliki struktur biaya yang berbeda. Berikut ini adalah struktur biaya utama bagi operator selular, yaitu biaya operasional:

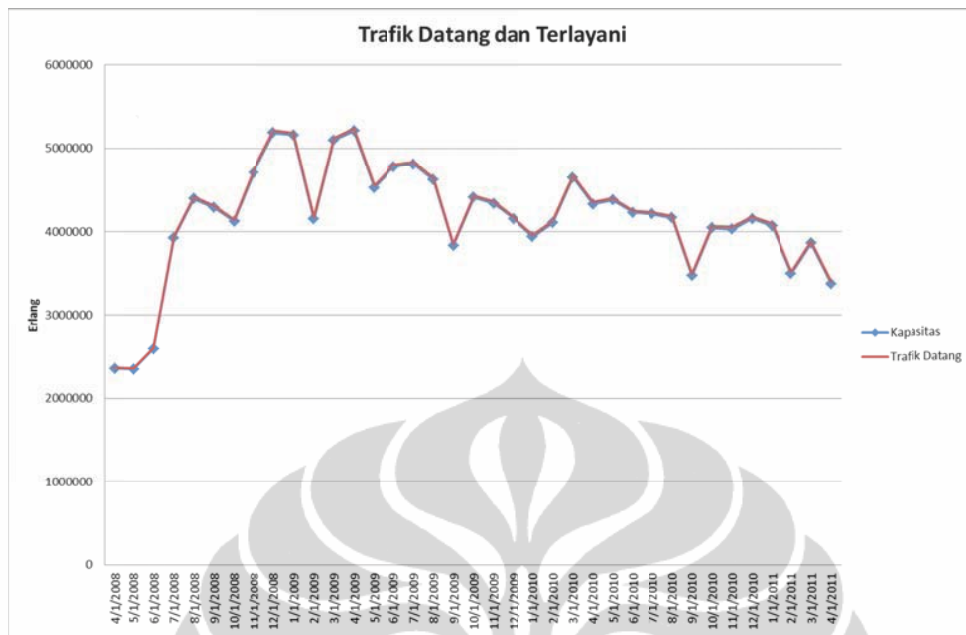
1. Modal investasi.
2. Biaya pegawai yang meliputi gaji dan tunjangan-tunjangan.

3. Operasi dan pemeliharaan/*Operation and Maintenance* (O&M) yang terdiri dari:
 - a. Biaya transmisi.
 - b. Biaya frekuensi.
 - c. Biaya perbaikan dan pemeliharaan untuk perangkat dan jaringan.
 - (1) Biaya pemeliharaan *site* (yang berkaitan dengan *lifetime site* dan BTS).
 - (2) Biaya SDM (yang berkaitan dengan upah/gaji dan akomodasi).
 - (3) Biaya optimasi (untuk menjaga ketepatan kinerja jaringan).
 - (4) Biaya *troubleshoot* (yang berkaitan dengan mati atau hidupnya *site*)
 - d. Sumber daya listrik.
 - e. Biaya lain-lain (sewa lahan, dll).
4. Biaya umum dan administrasi.
5. Biaya pemasaran.
6. Depresiasi.
7. Biaya lain-lain.

3.3 Pengumpulan Data

Data utama yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah data historis pendapatan yang berasal dari layanan suara, data trafik layanan suara yang datang, dan data trafik layanan suara yang terlayani milik *home network*.

Data yang dikumpulkan adalah data sejak bulan April 2008 sampai dengan bulan April 2011 pada jaringan GSM/DCS untuk wilayah Jabodetabek. Data historis ini kemudian akan digunakan untuk melakukan prediksi tren trafik datang dan kapasitas jaringan di masa mendatang. Grafik untuk jumlah trafik datang dan trafik terlayani dapat dilihat pada Gambar 3.2.



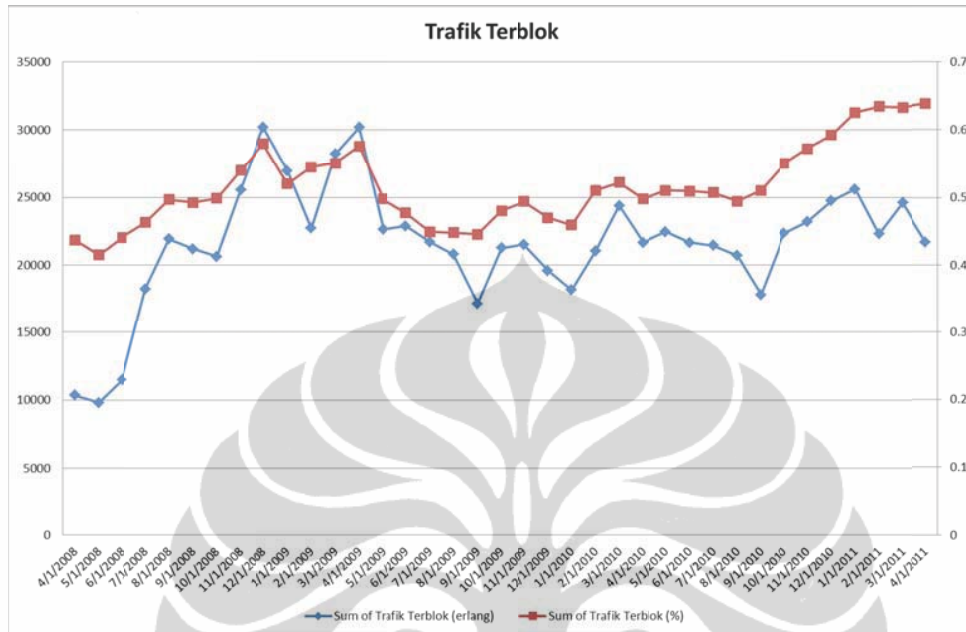
Gambar 3. 2 Trafik Suara Datang dan Terlayani pada Jaringan GSM/DCS Wilayah Jabodetabek

Trafik terlayani pada grafik ini merepresentasikan kapasitas aktual dari jaringan, bukan kapasitas terpasang. Dalam hal ini bukan kapasitas terpasang yang digunakan karena pada prakteknya selalu ada perangkat radio yang tidak beroperasi dengan optimal karena terjadi gangguan berupa kerusakan maupun aktivitas yang berkaitan dengan perangkat tersebut. Beberapa jenis aktivitas pada jaringan radio mengharuskan perangkat radio yang bersangkutan dinon-aktifkan selama beberapa saat.

Dari grafik pada Gambar 3.2 terlihat terjadi peningkatan trafik yang besar pada pergantian bulan Juni ke Juli 2008. Penyebabnya adalah penyesuaian tarif karena terjadinya penurunan tarif interkoneksi yang efektif berlaku pada tanggal 1 April 2008. Mulai dari bulan Juli 2008 baru dapat terlihat tren trafik yang menurun, maka waktu melakukan prediksi tren, data yang dipakai hanya dari bulan Juli 2008 sampai dengan bulan April 2011. Garis grafik milik trafik datang dan kapasitas hampir berhimpit karena sebagian besar trafik datang dapat ditampung oleh kapasitas jaringan aktual milik *home network*.

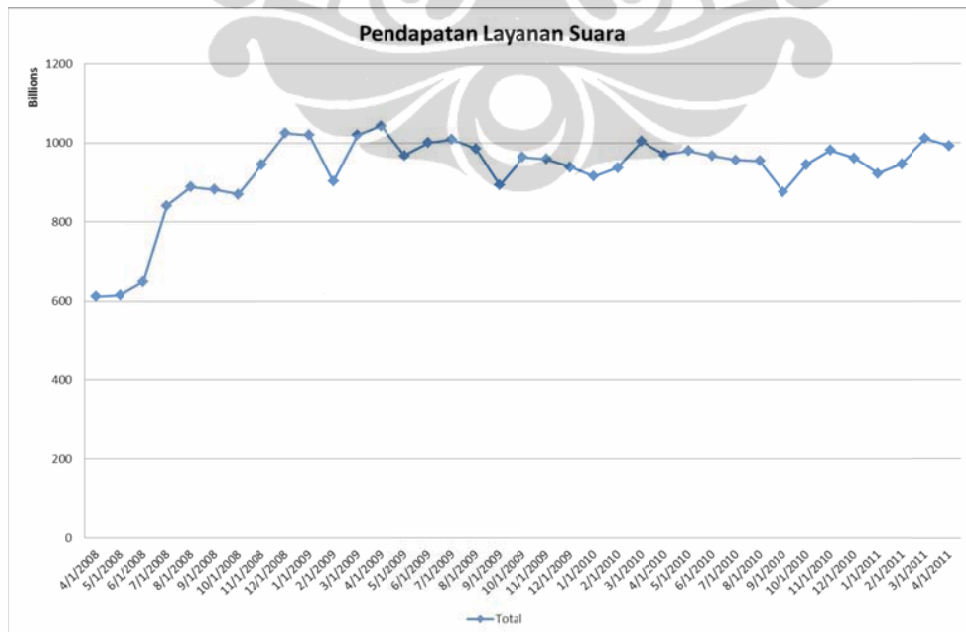
Kelebihan trafik datang yang tidak dapat tertampung adalah trafik terblokir. Grafik jumlah trafik yang terblokir dapat dilihat pada Gambar 3.3. Pada grafik

tersebut terlihat prosentase trafik yang terblok semakin lama semakin tinggi, artinya semakin banyak peluang pendapatan yang hilang.



Gambar 3. 3 Trafik Suara Terblok pada Jaringan GSM/DCS Wilayah Jabodetabek

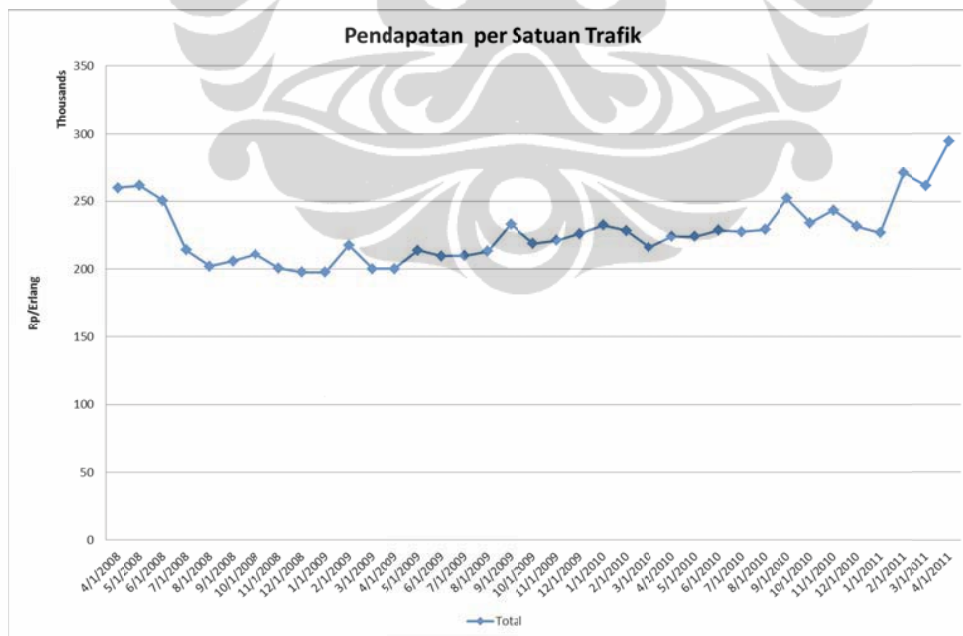
Data pendapatan juga dikumpulkan pada periode yang sama dengan data trafik yaitu mulai bulan April 2008 sampai dengan bulan April 2011. Grafik pendapatan dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Pendapatan Layanan Suara pada Jaringan GSM/DCS Wilayah Jabodetabek

Pendapatan dari layanan suara cenderung stabil walaupun jumlah trafik yang terlayani semakin rendah, berarti nilai pendapatan per satuan trafik (Rupiah per Erlang) meningkat. Hal ini kemungkinan besar disebabkan perubahan perilaku pelanggan dalam bertelepon dari kebiasaan menelepon pada waktu dengan tarif yang lebih rendah ke waktu dengan tarif yang lebih tinggi. Nilai pendapatan per satuan trafik diperoleh dengan membagi jumlah pendapatan dengan jumlah trafik yang terlayani. Grafik perubahan pendapatan per satuan trafik layanan suara dapat dilihat pada Gambar 3.5. Rincian data historis tentang trafik, kapasitas, dan pendapatan per satuan trafik dapat dilihat pada lampiran 4.

Selain data trafik dan pendapatan, informasi tentang besar biaya tambahan yang dibutuhkan dalam penerapan skenario radio kognitif juga diperlukan. Seperti yang telah dijelaskan pada sub bab mengenai skenario radio kognitif yang digunakan, dibutuhkan total 8 buah HLR tambahan. Jika setiap HLR membutuhkan biaya investasi US\$500.000 dan patokan kurs yang digunakan adalah kurs pada tanggal 29 April 2011 senilai Rp9.399,42/US\$, maka total investasi awal untuk perangkat HLR yang dibutuhkan adalah sebesar Rp37.597.680.000,00.



Gambar 3. 5 Pendapatan per Satuan Trafik Layanan Suara

Selain perangkat HLR, ruang tempat penyimpanan HLR juga harus diperhitungkan. Dalam penelitian ini, biaya tambahan lahan/gedung tidak diperhitungkan karena PT. Telkomsel sebelumnya sudah memiliki gedung/ruangan yang memungkinkan untuk menyimpan tambahan HLR.

Biaya pemeliharaan tambahan HLR yang diperhitungkan dalam penelitian ini hanya biaya pemeliharaan perangkat dan biaya listrik tambahan. Biaya personil tidak diperhitungkan karena penambahan HLR sebanyak 8 buah tidak memerlukan tambahan personil untuk menanganinya.

3.4 Prediksi Tren Trafik dan Kapasitas Jaringan

Data yang akan digunakan dalam penelitian ini untuk melakukan prediksi tren adalah data historis trafik datang dan kapasitas jaringan mulai bulan Juni 2008 sampai dengan bulan April 2011. Prediksi dilakukan untuk mengetahui jumlah trafik datang dan kapasitas jaringan milik operator sampai bulan Desember 2020. Prediksi akan dilakukan dengan analisis tren menggunakan metode regresi linear dengan pengkodean waktu [14].

Pengkodean waktu diterapkan pada regresi linear memiliki tujuan untuk menyederhanakan angka-angka indikator waktu pada perhitungan. Pada pengkodean indikator waktu, nilai rata-rata dari serangkaian indikator waktu dikodekan menjadi nilai nol. Indikator lainnya kemudian dikodekan menjadi nilai selisihnya dengan nilai rata-rata rangkaian indikator waktu tersebut. Contohnya dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Proses Pengkodean Indikator Waktu

Tahun (x)	Rata-rata (\bar{x})	$x - \bar{x}$	Kode
1983	1986	1983 - 1986	-3
1984	1986	1984 - 1986	-2
1985	1986	1985 - 1986	-1
1986	1986	1986 - 1986	0
1987	1986	1987 - 1986	1
1988	1986	1988 - 1986	2
1989	1986	1989 - 1986	3

Untuk mencari persamaan regresi linear dengan penyimpangan minimal, digunakan metode *least square*.

$$\hat{Y} = a + bX \quad (3.1)$$

$$b = \frac{\sum XY - n\bar{X}\bar{Y}}{\sum X^2 - n\bar{X}^2} \quad (3.2)$$

$$a = \bar{Y} - b\bar{X} \quad (3.3)$$

Keterangan:

Y = nilai variabel terikat

X = nilai variabel bebas (dalam hal ini indikator waktu)

\hat{Y} = prediksi nilai variable terikat

\bar{Y} = rata-rata nilai variabel terikat

\bar{X} = rata-rata nilai variabel bebas

a = titik potong sumbu Y

b = gradien persamaan regresi linier

n = jumlah data

Karena regresi linear menggunakan pengkodean waktu yang mengkodekan nilai rata-rata menjadi nol, maka persamaan (3.2) dan (3.3) dapat disederhanakan menjadi:

$$b = \frac{\sum xy}{\sum x^2} \quad (3.4)$$

$$a = \bar{Y} \quad (3.5)$$

Keterangan:

x = variabel bebas hasil pengkodean sebagai substitusi variabel bebas X

Dalam penelitian ini variabel bebasnya adalah indikator waktu dan variabel terikatnya adalah kapasitas jaringan dan trafik datang.

Menggunakan persamaan (3.4) dan (3.5), maka didapat persamaan regresi untuk trafik datang yaitu:

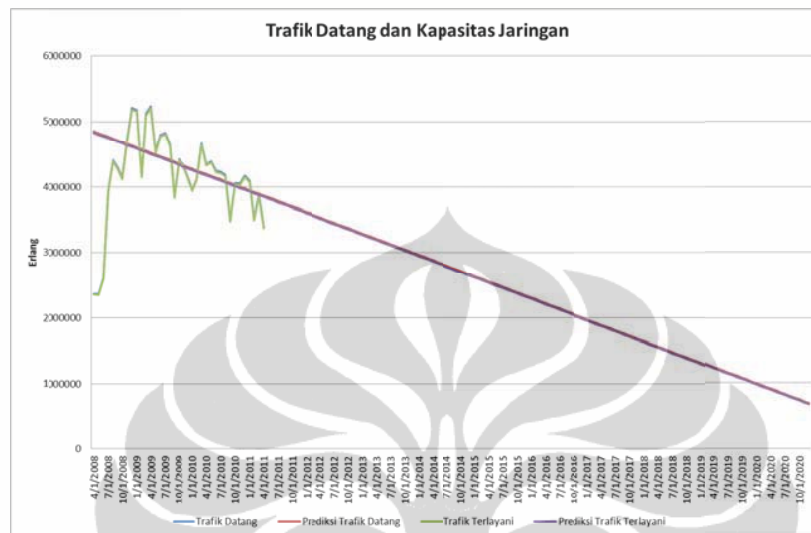
$$\hat{Y}_{datang} = 4322451,394 - 13707,304 x$$

Dan persamaan regresi untuk kapasitas jaringan:

$$\hat{Y}_{kapasitas} = 4299892,445 - 13688,057 x$$

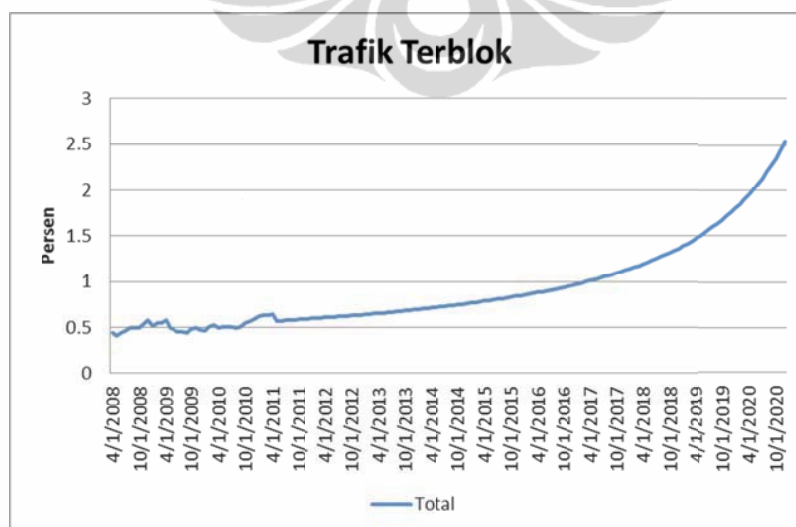
Grafik data historis dan hasil prediksi dapat dilihat pada Gambar 3.6. Dari grafik tersebut, dapat terlihat tren trafik datang dan kapasitas jaringan yang menurun. Dari hasil prediksi, penurunan kapasitas jaringan yang terjadi jumlahnya

ternyata lebih besar dibandingkan penurunan jumlah trafik yang datang. Hal ini berakibat pada meningkatnya prosentase trafik yang terblok di masa mendatang. Tren peningkatan trafik yang terblok dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3. 6 Prediksi Tren Trafik Datang dan Kapasitas Jaringan

Trafik yang terblok dapat dilihat sebagai peluang pendapatan yang hilang bagi operator. Secara teoritis, dengan menggunakan radio kognitif, trafik terblok dapat dikurangi jumlahnya atau bahkan dapat dihindari. Dengan demikian, penggunaan radio kognitif dapat meningkatkan pendapatan operator selular karena dapat menampung trafik layanan suara yang seharusnya terblok karena terbatasnya kapasitas jaringan.

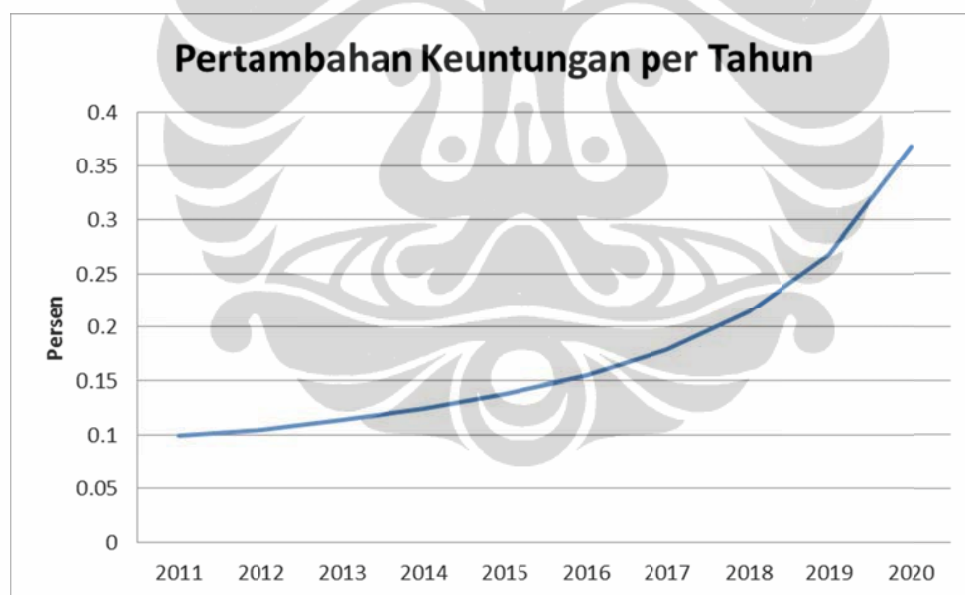


Gambar 3. 7 Prediksi Tren Trafik Terblok

Dengan penerapan skenario radio kognitif, keuntungan PT. Telkomsel dapat bertambah dengan rata-rata tahunan 0,18% untuk periode waktu 10 tahun. Prosentase pertambahan keuntungan tahunan dapat dilihat pada Gambar 3.8 dan Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Prosentase Pertambahan Keuntungan Tahunan

Tahun	Rata-rata Tambahan Keuntungan (%)
2011	0.10
2012	0.11
2013	0.11
2014	0.12
2015	0.14
2016	0.16
2017	0.18
2018	0.21
2019	0.27
2020	0.37
Rata-rata	0.18



Gambar 3. 8 Grafik Prosentase Pertambahan Keuntungan per Tahun

3.5 Analisis Kelayakan Keekonomian

Perkembangan teknologi saat ini berlangsung dengan pesat. Dalam beberapa dekade terakhir, teknologi mengubah pola dan cara hidup manusia pada umumnya. Penggunaan berbagai jenis teknologi dalam kehidupan sehari-hari tidak terlepas dari proses perancangan teknologi itu sendiri. Dalam perancangan

dan penerapannya, teknologi akan membutuhkan biaya. Pembahasan tentang teknologi dan aspek keuangannya dikenal dengan ekonomi teknik.

Ekonomi teknik adalah aspek keekonomian dari sebuah keputusan teknis yang diambil untuk mengkondisikan perusahaan pada posisi yang menguntungkan dalam pasar yang persaingan ketat. Keputusan seperti ini biasanya mengandung *trade off* antara biaya dengan kinerja dari perancangan dan penerapan sebuah teknologi. Penggunaan prinsip ekonomi teknik bertujuan untuk membuat *trade off* yang terjadi pada sebuah keputusan menjadi seekonomis mungkin [23]. Ini berarti perancangan dan penerapan teknologi tidak boleh hanya berfokus pada sisi teknisnya, tetapi juga harus melihat seberapa jauh sebuah teknologi menguntungkan secara ekonomis.

Prinsip ekonomi teknik ini dapat diterapkan pada semua jenis teknologi, termasuk teknologi telekomunikasi. Sebelum membuat keputusan untuk menerapkan teknologi atau metode radio kognitif, operator selular harus memperkirakan apakah biaya yang terkait dengan penerapan teknologi ini layak atau cukup menguntungkan untuk dilakukan dalam periode waktu tertentu atau tidak.

Dalam melakukan perhitungan keuangan, nilai waktu dari uang juga perlu diperhitungkan karena nilai uang saat ini akan berbeda dengan nilai uang dengan nominal yang sama pada masa mendatang. Dua metode analisis investasi yang akan digunakan pada penelitian ini adalah *Present Worth Method* (PW), atau dikenal juga sebagai *Net Present Value* (NPV), dan *Internal Rate of Return* (IRR).

3.5.1 *Net Present Value* (NPV)

NPV menghitung nilai uang sebuah investasi selama periode dan tingkat suku bunga tertentu dengan menghitung nilai ekivalen semua arus keuangan di masa mendatang yang akan dirasakan saat ini.

$$\begin{aligned}
 NPV(i\%) &= F_0(1+i)^0 + F_1(1+i)^{-1} + \dots \\
 &\quad + F_k(1+i)^{-k} + \dots + F_N(1+i)^{-N} \\
 NPV(i\%) &= \sum_{k=0}^N F_k(1+i)^{-k}
 \end{aligned} \tag{3.6}$$

Keterangan:

i = tingkat suku bunga/*discount rate* atau tingkat pengembalian investasi yang diinginkan

k = indeks periode waktu

F_k = aliran uang pada akhir periode k

N = periode studi

Sebuah investasi dikatakan layak secara ekonomis jika NPV-nya bernilai sama dengan atau lebih besar daripada nol.

Pada penelitian ini yang akan dihitung bukanlah NPV, melainkan nilai sewa jaringan *host network* dengan satuan Rupiah/Erlang. Agar hasil perhitungan nilai sewa jaringan memenuhi syarat kelayakan secara ekonomis, maka NPV untuk semua arus kas selama 10 tahun ke depan (sampai tahun 2020) dikondisikan bernilai 0. Periode studi yang digunakan disesuaikan dengan usia optimal dari perangkat HLR yaitu 10 tahun.

Tabel 3. 3 Persamaan Arus Kas Tahunan

EOY	Arus Kas
2011	2418931705.64 - (174004.869)x
2012	55202359941.11 - (256388.218)x
2013	53738942640.3 - (250845.315)x
2014	52266021519.48 - (245302.411)x
2015	50783231007.66 - (239759.508)x
2016	49289973235.29 - (234216.605)x
2017	47786043259.34 - (228673.702)x
2018	46270583829.64 - (223130.799)x
2019	44743128093.49 - (217587.895)x
2020	43202971835.58 - (212044.992)x
NPV	0

Kolom arus kas pada Tabel 3.3 didapat dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{ arus kas}(n) = \text{pendapatan tambahan}(n) - \text{biaya tambahan}(n)$$

Keterangan:

n : indikator waktu (tahun ke- n)

Pendapatan tambahan merupakan pendapatan yang diperoleh jika semua trafik terblok dapat terlayani. Komponen ini didapat dengan mengalikan jumlah trafik yang terblok dengan pendapatan per satuan trafik (Rp/Erlang). Pada

penelitian ini, nilai pendapatan per satuan trafik diperoleh dengan menghitung rata-rata pendapatan per satuan trafik per kuartal, setelah itu nilai dari seluruh kuartal dirata-ratakan lagi. Nilai yang diperoleh dari hasil perhitungan pendapatan per satuan trafik adalah Rp230.120,08/Erlang.

Biaya tambahan terdiri dari 3 komponen penyusun, yaitu:

1. Nilai investasi 8 buah perangkat HLR dengan nilai total Rp37.597.680.000,00.
2. Biaya operasi dan pemeliharaan (O/M) dengan rincian sebagai berikut:
 - a. Tahun pertama nilainya nol karena ada garansi dari vendor perangkat. Semua biaya pemeliharaan ditanggung pihak vendor.
 - b. Tahun kedua biaya pemeliharaan nilainya 10% dari nilai investasi awal.
 - c. Tahun ketiga dan selanjutnya biaya pemeliharaan meningkat sesuai dengan tingkat inflasi. Pada penelitian ini, tingkat inflasi yang digunakan adalah nilai target tingkat inflasi tahun 2011 menurut Bank Indonesia yaitu sebesar 5% per tahun. Nilai ini diasumsikan tidak berubah selama periode studi.
3. Beban biaya listrik dihitung dengan mengalikan konsumsi daya total seluruh perangkat dengan tarif tenaga listrik yang berlaku. Pada penelitian ini tarif tenaga listrik yang digunakan mengikuti golongan bisnis, yaitu Rp900/KWH. Tarif tenaga listrik ini diasumsikan tidak berubah selama periode studi.
4. Biaya sewa jaringan yang dihitung dengan mengalikan jumlah trafik yang terblok yang ditampung oleh *host network* dengan biaya sewa per satuan trafik. Pada penelitian ini batas maksimal biaya sewa jaringan per satuan trafik akan dihitung.

Rincian arus kas masuk dan arus kas keluar tahunan dapat dilihat pada lampiran 5 dan lampiran 6.

Variabel x yang terdapat pada Tabel 3.3 merupakan batas maksimal biaya sewa jaringan per satuan trafik yang harus dibayarkan kepada *host network* dan koefisien variabel x merupakan jumlah trafik yang tidak tertampung oleh *home network* yang ditampung oleh *host network*. Dalam penelitian ini, diasumsikan

gabungan kelebihan kapasitas semua *host network* dapat menampung seluruh kelebihan trafik datang yang tidak tertampung oleh *home network*.

Dengan memasukkan arus kas pada tiap tahun yang ada pada Tabel 3.3 ke persamaan (3.6) menggunakan *discount rate* 6,75%, maka didapatkan batas maksimal biaya sewa jaringan *host network* per satuan trafik yang secara ekonomis dianggap layak adalah sebesar Rp191.110,76/Erlang.

3.5.2 Internal Rate of Return (IRR)

IRR menghitung besarnya tingkat pengembalian atas sebuah investasi. Dengan pendekatan NPV, IRR dapat ditentukan pada kondisi dimana jumlah seluruh arus masuk sama dengan arus keluar.

$$\sum_{k=0}^N R_k(P/F, IRR\%, k) - \sum_{k=0}^N E_k(P/F, IRR\%, k) = 0 \quad (3.7)$$

Keterangan:

R = jumlah arus uang masuk

E = jumlah arus uang keluar

k = indeks periode waktu

Pada perhitungan manual, nilai IRR dapat diperkirakan dengan cara interpolasi linear. Metode ini dilakukan dengan memilih secara sembarang dua nilai tingkat bunga yang akan menghasilkan nilai NPV positif (NPV_1 dan i_1) dan NPV negatif (NPV_2 dan i_2). Kemudian IRR dapat dihitung dengan rumus:

$$IRR = i_1 + \left(\frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \right) x (i_2 - i_1) \quad (3.8)$$

Selain itu perhitungan IRR juga dapat dilakukan dengan bantuan fungsi yang tersedia pada Microsoft Excel.

Dengan memasukkan nilai batas maksimal biaya sewa jaringan *host network* sebesar Rp191.110,76/Erlang, maka didapatkan total arus kas tahunan seperti pada Tabel 3.3.

Dengan bantuan fungsi perhitungan IRR yang terdapat pada Microsoft Excel, didapatkan nilai IRR sebesar 6,75%. Ini menandakan bahwa dengan biaya

sewa jaringan *host network* maksimal, yaitu sebesar Rp191.110,76/Erlang, untuk penerapan skenario radio kognitif layak secara ekonomis karena tingkat pengembaliannya (IRR) sama dengan *discount rate* yang berlaku.

Tabel 3. 4 Arus Kas Tahunan

EOY	Arus Kas
2011	(30,835,270,389.98)
2012	6,203,813,820.94
2013	5,799,704,948.03
2014	5,386,092,255.12
2015	4,962,610,171.21
2016	4,528,660,826.75
2017	4,084,039,278.72
2018	3,627,888,276.92
2019	3,159,740,968.68
2020	2,678,893,138.68
IRR	6.75%

Rincian arus kas masuk dan arus kas keluar tahunan dapat dilihat pada lampiran 5 dan lampiran 6.

3.5.3 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas merupakan bagian dari analisis resiko investasi. Metode ini dimaksudkan tidak untuk mengukur resiko melainkan lebih ke arah untuk melihat seberapa besar perubahan yang dialami hasil pengukuran jika faktor-faktor yang mempengaruhi pengukuran tersebut berubah [21]. Dengan melakukan analisis sensitivitas, faktor kritis yang berpengaruh pada keuangan perusahaan dapat diidentifikasi.

Salah satu pendekatan analisis sensitivitas adalah dengan grafik sensitivitas [23]. Pada pendekatan ini, setiap faktor yang berpengaruh diubah-ubah secara independen terhadap faktor lainnya untuk melihat pengaruhnya pada hasil perhitungan keuangan. Perubahan faktor dan hasil perhitungan keuangannya kemudian disajikan dalam sebuah grafik.

Pada penelitian ini, beberapa faktor yang berpengaruh pada hasil perhitungan NPV akan diubah-ubah nilainya dengan tahapan sebesar 5% mulai dari -50% sampai dengan 50% dari nilai yang digunakan untuk perhitungan NPV

dan IRR pada sub bab 3.5.1 dan 3.5.2. Beberapa faktor yang akan diubah-ubah nilainya adalah sebagai berikut:

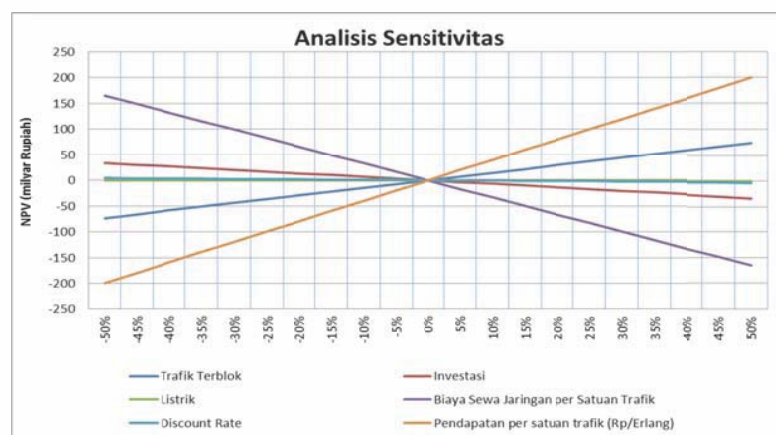
1. Jumlah trafik yang terblok oleh *home network* dan dapat ditampung oleh *host network*.
2. Besarnya nilai investasi awal HLR.
3. Tarif listrik yang berlaku.
4. Biaya sewa jaringan *host network* per satuan trafik (Rp/Erlang).
5. Pendapatan per satuan trafik (Rp/Erlang).
6. *Discount rate*.

Grafik sensitivitas untuk keenam faktor di atas dapat dilihat pada Gambar 3.8.

Rincian hasil perhitungan sensitivitas dapat dilihat pada lampiran 7. Dari hasil perhitungan sensitivitas, nilai mutlak derajat kemiringan garis NPV dari setiap faktor adalah sebagai berikut:

1. Trafik terblok: Rp1.467.242.806,39
2. Investasi: Rp672.949.675,36
3. Tarif listrik: Rp2.748.336,11
4. Biaya sewa jaringan per satuan trafik: Rp3.310.315.731,23
5. Pendapatan per satuan trafik: Rp3.986.013.742,70
6. *Discount rate*: Rp77.772.886,25

Dari nilai mutlak rentang NPV, dapat ditentukan bahwa faktor kritis pada perhitungan keuangan ini adalah faktor pendapatan per satuan trafik (Rp/Erlang) karena memiliki nilai mutlak derajat kemiringan NPV terbesar dibandingkan faktor-faktor lainnya.



Gambar 3. 9 Grafik Sensitivitas

BAB 4

KESIMPULAN

Dari proses analisis kelayakan model bisnis telekomunikasi selular pada aspek keekonomiannya untuk penerapan metode radio kognitif, dapat disimpulkan beberapa hal berikut:

1. Penambahan sambungan radio jaringan operator selular secara temporer dapat dilakukan dengan menerapkan metode radio kognitif. Metode radio kognitif ini berfungsi untuk memanfaatkan sumber daya jaringan milik *host network* sedang tidak terpakai.
2. Untuk menerapkan radio kognitif dengan pendekatan *network-assisted* DSS, informasi yang ada pada HLR *home network* harus dapat diakses oleh *host network* sehingga pelanggan *home network* yang terhubung pada *host network* dapat terotentikasi. Pada prakteknya, perlu dilakukan duplikasi HLR milik *home network* untuk masing-masing *host network* untuk mengatasi isu keamanan dan kesulitan *troubleshooting*. Total dibutuhkan 8 buah HLR tambahan untuk diletakkan di sisi *host network* sebanyak 4 operator, masing-masing mendapat 2 HLR.
3. Dari hasil perhitungan NPV dan IRR, didapatkan nilai maksimal sewa jaringan *host operator* untuk penerapan radio kognitif pada layanan suara di jaringan GSM/DCS wilayah Jabodetabek, yaitu Rp191.110,76/Erlang. Pada nilai sewa jaringan *host operator* tersebut, nilai NPV adalah nol untuk periode studi 10 tahun dan IRR 6,75%.
4. Penerapan skenario radio kognitif dapat memberikan tambahan keuntungan bagi pemilik *home network*, dalam hal ini PT. Telkomsel, dengan rata-rata tambahan keuntungan sebesar 0,18% untuk periode waktu 10 tahun.
5. Dari hasil analisis sensitivitas keenam faktor yang mempengaruhi perhitungan NPV, diperoleh faktor kritis dalam perhitungan NPV yaitu faktor pendapatan per satuan trafik.

DAFTAR PUSTAKA

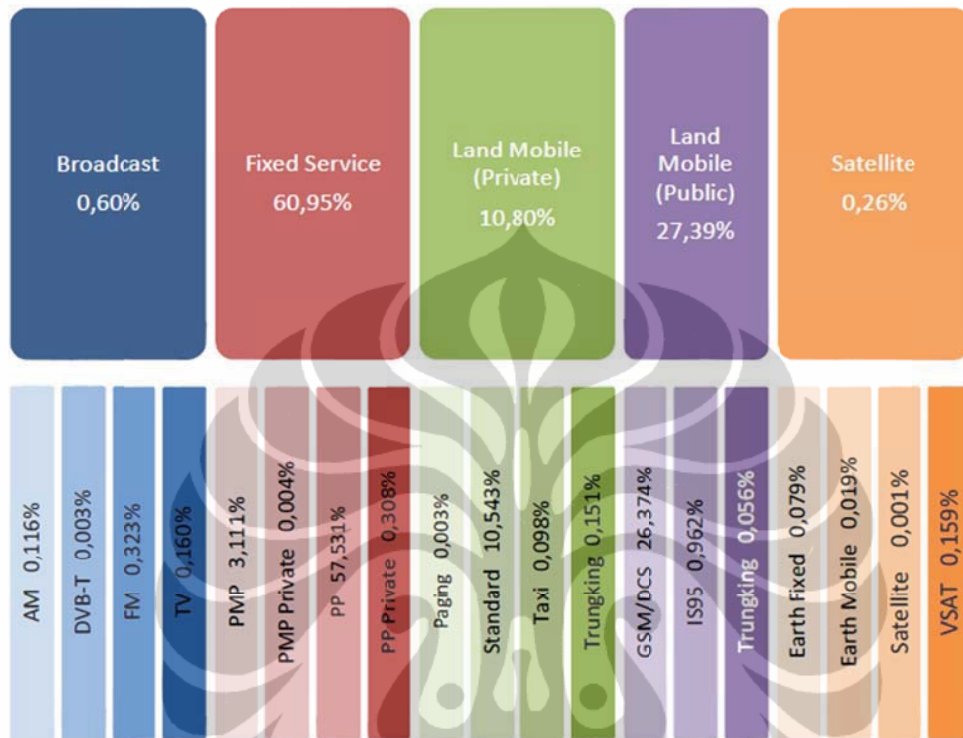
- [1] A.Yarmohammad, M. Abaii, S. Thilakawardana, R. Tafazolli. (2009). Inter-operator Dynamic Spectrum Selection in UMTS. *IEEE*. Diakses: 12 Maret 2011. <http://202.194.20.8/proc/VTC09Spring/DATA/03-07-02.PDF>
- [2] Hutami, Gesit H. (Desember 2010). *Analisis Pengendalian Risiko Bisnis Wholesale Sewa Jaringan Telkom*. Universitas Indonesia.
- [3] Bannister, Jeffrey, et al. (2004). *Convergence Technologies for 3G Networks*. Inggris: John Wiley & Sons Ltd.
- [4] David, R. Fred. (2009). *Manajemen Strategis: Konsep*. Jakarta: Salemba Empat.
- [5] Direktorat Jenderal Pos dan Telekomunikasi. "seluler". E-mail ke Mohammad Gempita. 17 Maret 2011.
- [6] Direktorat Jenderal Pos dan Telekomunikasi. (2010). *Buku Statistik Bidang Pos dan Telekomunikasi*. Diakses: 5 Desember 2010. <http://www.postel.go.id/webupdate/dastik/>
- [7] European Commission, Information Society and Media Directorate General. (11 Februari 2010). *RADIO SPECTRUM POLICY GROUP REPORT ON "COGNITIVE TECHNOLOGIES"*. Diakses: 28 November 2010. <http://www.ictregulationtoolkit.org/en/Publication.3902.html>
- [8] Goldsmith, Andrea. (2005). *Wireless Communications*. Cambridge University Press.
- [9] Grubbs, Frank E. (Februari 1969). Procedures for Detecting Outlying Observations in Samples. *Technometrics vol 11*.
- [10] *GSM For Dummies*. Diakses: 10 April 2011. <http://www.gsmfordummies.com>
- [11] ICT Regulation Toolkit. *Module 5: Radio Spectrum Management*. Diakses: 19 Oktober 2010. <http://www.ictregulationtoolkit.org/en/Section.1247.html>
- [12] Jogyanto. (2010). *Metodologi Penelitian Bisnis: Salah Kaprah dan Pengalaman-pengalaman*. Yogyakarta: BPFE.
- [13] Jondral, Freidrich K. (Agustus 2007). COGNITIVE RADIO: A COMMUNICATIONS ENGINEERING VIEW. *IEEE Wireless Communications*. Diakses:12 Januari 2011. http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=4300980

- [14] Levin, Richard I dan Rubin, David. S. (1991). *Statistics for Management 5th ed.* New Jersey: Prentice Hall.
- [15] Mehrotra, Asha. (1996). *GSM System Engineering*. London: Artech House.
- [16] Motulsky, Harvey. (2002). *Detecting Outliers*. Diakses: 22 Maret 2011. <http://www.graphpad.com/articles/outlier.htm>
- [17] Ofcom. (24 Oktober 2005). *Technology Research Programme*. Diakses: 23 Maret 2011. <http://www.ictregulationtoolkit.org/en/Publication.1792.html>
- [18] Osterwalder, Alex. & Pigneur, Yves. (2009). *Business Model Generation*. Diakses: 13 Maret 2011. http://www.businessmodelgeneration.com/downloads/businessmodelgeneration_preview.pdf
- [19] Osterwalder, Alex. (2004). *THE BUSINESS MODEL ONTOLOGY A PROPOSITION IN A DESIGN SCIENCE APPROACH*. Diakses: 30 November 2010. http://www.hec.unil.ch/aosterwa/PhD/Osterwalder_PhD_BM_Ontology.pdf
- [20] Peha, Jon M. (2000). The Path Towards Efficient Coexistence in Unlicensed Spectrum. *IEEE*. Diakses: 17 November 2010. <http://www.ictregulationtoolkit.org/en/Publication.2742.html>
- [21] Adriani, Meivita. (Januari 2011). *Analisis Tekno-ekonomi Implementasi Teknologi EV-DO Rev A pada Jaringan Telkom Flexi*. Universitas Indonesia.
- [22] Rappaport, Theodore S. (2002). *Wireless Communications: Principles and Practice (2nd Edition)*. Texas: Prentice Hall.
- [23] Sullivan, William G, et al. (2006). *Engineering Economy 13th Edition*. New Jersey: Prentice Hall.
- [24] ICT Regulation Toolkit. *Module 2: Competition and Price Regulation*. Diakses: 19 Oktober 2010. <http://www.ictregulationtoolkit.org/en/Section.1560.html>
- [25] Katzela, I and Naghshineh, M. (Juni 1996). Channel Assignment Schemes for Cellular Mobile Telecommunication System. *IEEE Personal Communication*. Diakses: 4 Juli 2011.



Universitas Indonesia

Lampiran 1 Persentase Izin Stasiun Radio (ISR) Berdasarkan Jenis Layanan[6]



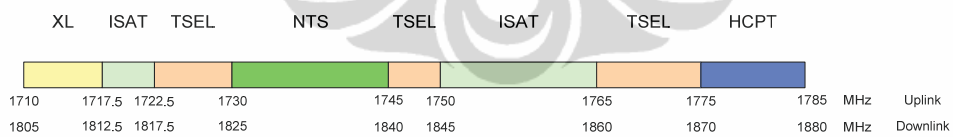
Lampiran 2 Kepemilikan Frekuensi oleh Operator Selular [5]

PERUSAHAAN	TEKNOLOGI	FREKUENSI UPLINK (MHZ))	FREKUENSI DOWNLINK (MHZ)	BW (MHZ)	CAKUPAN LISENSI
Indosat Selular	GSM	890 - 900	935 - 945	10	Nasional
	GSM	1717.5 - 1722.5	1812.5 - 1817.5	5	Nasional
	GSM	1750 - 1765	1845 - 1860	15	Nasional
	UMTS	1950 - 1955	2140 - 2145	5	Nasional
Telkomsel	GSM	900 - 907.5	945 - 952.5	7.5	Nasional
	GSM	1722.5 - 1730	1817.5 - 1825	7.5	Nasional
	GSM	1745 - 1750	1840 - 1845	5	Nasional
	GSM	1765 - 1775	1860 - 1870	10	Nasional
	UMTS	1940 - 1945	2130 - 2135	5	Nasional
XL	GSM	907.5 - 915	952.5 - 960	7.5	Nasional
	GSM	1710 - 1717.5	1805 - 1812.5	7.5	Nasional
	UMTS	1945 - 1950	2135 - 2140	5	Nasional
NTS Lippo Telecom	GSM	1730 - 1745	1825 - 1840	15	Nasional
	UMTS	1930 - 1935	2120 - 2125	5	Nasional
Hutchison CPC	GSM	1775 - 1785	1870 - 1880	10	Nasional
	UMTS	1920 - 1925	2110 - 2115	10	Nasional

BAND PLAN GSM-900



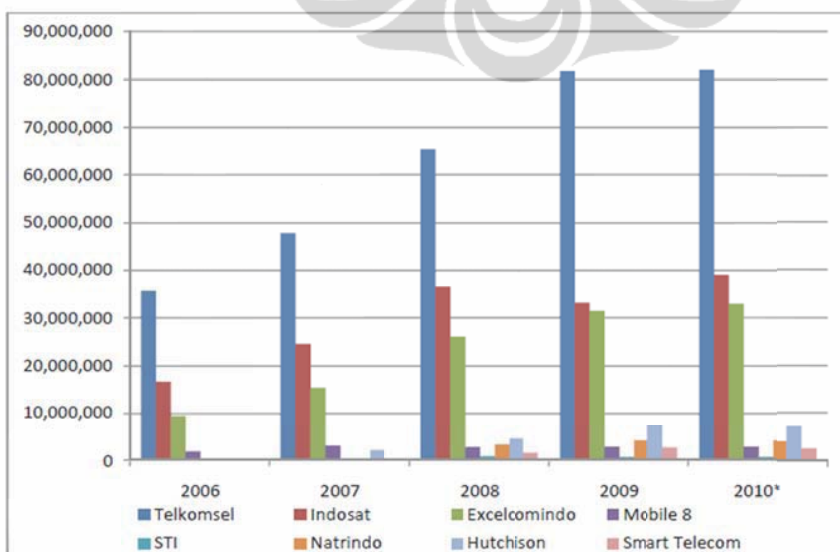
BAND PLAN GSM-1800



Lampiran 3 Perkembangan Pelanggan Selular [6]

No	Operator	2006	2007	2008	2009	2010*
1	Telkomsel	35.597.000	47.890.000	65.299.991	81.643.532	81.950.000
	Prabayar	33.935.000	45.977.000	63.359.619	79.608.839	79.903.000
	Pasca bayar	1.662.000	1.913.000	1.940.372	2.034.693	2.047.000
2	Indosat	16.704.729	24.545.422	36.510.246	33.136.521	39.100.000
	Prabayar	15.878.870	23.945.431	35.591.033	31.333.173	N.A
	Pasca bayar	825.859	599.991	919.213	1.803.348	N.A
3	XL-Axiata	9.527.970	15.469.000	26.015.517	31.438.377	32.924.000
	Prabayar	9.141.331	14.988.000	25.599.297	31.101.047	32.600.000
	Pasca bayar	386.639	481.000	416.220	337.330	324.000
4	Mobile 8	1.825.888	3.012.801	2.701.914	2.805.842	2.805.842
	Prabayar	1.778.200	2.920.213	2.552.975	2.683.776	2.683.776
	Pasca bayar	47.688	92.588	148.939	122.066	122.066
5	STI	134.713	310.464	784.343	636.868	636.868
	Prabayar	133.746	310.176	784.129	636.566	636.566
	Pasca bayar	967	288	214	302	302
6	Natrindo	12.715	4.788	3.234.800	4.105.156	4.105.156
	Prabayar	10.155	4.788	3.234.800	4.105.156	4.105.156
	Pasca bayar	2.560	N.A	N.A	N.A	N.A
7	Hutchison	N.A	2.039.406	4.500.609	7.311.000	7.311.000
	Prabayar	N.A	2.036.202	4.490.202	7.295.000	7.295.000
	Pasca bayar	N.A	3.204	10.407	16.000	16.000
8	Smart Telecom	N.A	115.000	1.530.823	2.599.665	2.599.665
	Prabayar	N.A	N.A	1.456.372	2.528.026	2.528.026
	Pasca bayar	N.A	N.A	74.451	71.639	71.639
Jumlah		63.803.015	93.386.881	140.578.243	163.676.961	171.432.531

*) Sampai kuartal I tahun 2010



**Lampiran 4 Data Historis Pendapatan, Kapasitas Jaringan, Trafik
Terlayani , dan Nilai Rupiah per Erlang PT. Telkomsel untuk
Layanan Suara di Wilayah Jabodetabek**

Bulan	Pendapatan (Rupiah)	Kapasitas (Erlang)	Trafik Datang (Erlang)	Rupiah per Erlang
April-08	611933305286.62	2356991.89	2367336.132	259624.697
May-08	614946463614.71	2352024.62	2361823.254	261454.0929
June-08	649478929630.36	2593695.94	2605183.248	250406.7341
July-08	840431647554.04	3925177.06	3943424.221	214113.0539
August-08	888070645937.89	4392364.6	4414275.213	202185.0932
September-08	881952469366.78	4286244.39	4307445.757	205763.4584
October-08	869864305952.44	4122572.06	4143211.189	211000.3884
November-08	944668015076.18	4706087.45	4731629.234	200733.2046
December-08	1024561222548.05	5183966.4	5214149.264	197640.4057
January-09	1019633784329.70	5158201.77	5185155.18	197672.3342
February-09	902882638076.84	4149258.126	4171983.843	217600.9809
March-09	1020254370721.80	5097254.534	5125453.249	200157.6268
April-09	1043228907296.13	5208730.158	5238889.386	200284.6904
May-09	967737083235.42	4525555.85	4548174.74	213838.2809
June-09	1000647927142.40	4777165.42	4800049.585	209464.7849
July-09	1008941472921.75	4809717.01	4831417.951	209771.4836
August-09	985685517376.73	4623618.59	4644415.801	213184.8677
September-09	892688406009.05	3832749.45	3849899.686	232910.7127
October-09	963899376600.74	4409049.65	4430321.858	218618.3992
November-09	958454154249.25	4337028.46	4358538.968	220993.2822
December-09	938587680436.23	4152835.91	4172440.628	226011.2609
January-10	915075054958.56	3938270.09	3956432.837	232354.5704
February-10	936874942292.17	4102881.3	4123909.104	228345.6122
March-10	1004083364681.21	4648333.49	4672704.844	216009.3218
April-10	969166206955.20	4329671.06	4351324.679	223842.9187
May-10	979559552744.43	4377844.88	4400297.231	223753.8286
June-10	966513144774.23	4229158.79	4250810.532	228535.5535
July-10	956726363992.11	4209510.86	4230955.49	227277.3241
August-10	954251015959.73	4164672.78	4185362.271	229129.89
September-10	875235970211.43	3474796.87	3492607.386	251881.1899
October-10	945148488893.40	4042033.66	4064380.638	233829.9402
November-10	981057987092.11	4030274.61	4053460.477	243422.1193
December-10	961243161771.17	4154466.49	4179205.276	231375.8371
January-11	922507296417.89	4068026.53	4093622.815	226770.2262
February-11	946657732655.94	3494209.84	3516510.545	270921.8324
March-11	1009832076104.09	3861106.29	3885697.575	261539.5693
April-11	992107660470.36	3373508.71	3395189.938	294087.772

Lampiran 5 Rincian Arus Kas Masuk dan Arus Kas Keluar Tahunan

EOY	Outflow			Inflow			Total
	Investasi	O/M	Listrik	Sewa Jaringan total	Pendapatan		
2011	37,597,680,000.00	-	25,401,600.00	33,254,202,095.62	40,042,013,305.64	(30,835,270,389.98)	
2012	-	3,759,768,000.00	37,947,600.00	48,998,546,120.17	59,000,075,541.11	6,203,813,820.94	
2013	-	3,947,756,400.00	37,843,200.00	47,939,237,692.26	57,724,542,240.30	5,799,704,948.03	
2014	-	4,145,144,220.00	37,843,200.00	46,879,929,264.36	56,449,008,939.48	5,386,092,255.12	
2015	-	4,352,401,431.00	37,843,200.00	45,820,620,836.45	55,173,475,638.66	4,962,610,171.21	
2016	-	4,570,021,502.55	37,947,600.00	44,761,312,408.54	53,897,942,337.84	4,528,660,826.75	
2017	-	4,798,522,577.68	37,843,200.00	43,702,003,980.63	52,622,409,037.02	4,084,039,278.72	
2018	-	5,038,448,706.56	37,843,200.00	42,642,695,552.72	51,346,875,736.20	3,627,888,276.92	
2019	-	5,290,371,141.89	37,843,200.00	41,583,387,124.81	50,071,342,435.38	3,159,740,968.68	
2020	-	5,554,889,698.98	37,947,600.00	40,524,078,696.90	48,795,809,134.56	2,678,893,138.68	
					NPV	0	
					IRR	6.75%	

Lampiran 6 Perhitungan Beban Biaya Listrik untuk HLR Tambahan

EOY	Jumlah HLR	Konsumsi Daya Perangkat (@ 600 Watt)	Waktu Operasi Tahunan (jam)	Konsumsi Listrik (KWH)	Tarif per KWH	Beban Biaya Listrik
2011	8	4,800.00	5,880.00	28,224.00	900.00	25,401,600.00
2012	8	4,800.00	8,784.00	42,163.20	900.00	37,947,600.00
2013	8	4,800.00	8,760.00	42,048.00	900.00	37,843,200.00
2014	8	4,800.00	8,760.00	42,048.00	900.00	37,843,200.00
2015	8	4,800.00	8,760.00	42,048.00	900.00	37,843,200.00
2016	8	4,800.00	8,784.00	42,163.20	900.00	37,947,600.00
2017	8	4,800.00	8,760.00	42,048.00	900.00	37,843,200.00
2018	8	4,800.00	8,760.00	42,048.00	900.00	37,843,200.00
2019	8	4,800.00	8,760.00	42,048.00	900.00	37,843,200.00
2020	8	4,800.00	8,784.00	42,163.20	900.00	37,947,600.00



Lampiran 7 Analisis Sensitivitas

Perubahan	Faktor					
	Trafik Terblok	Investasi	Tarif Listrik	Biaya Sewa Jaringan (Rp/Erlang)	Pendapatan (Rp/Erlang)	Bunga
-50%	-73362140319.44	33647483768.04	137416805.62	165515786561.37	-199300687135.03	4282674791.78
-45%	-66025926287.49	30282735391.23	123675125.06	148964207905.24	-179970618421.52	3812645035.06
-40%	-58689712255.55	26917987014.43	109933444.49	132412629249.10	-159440549708.02	3352571684.00
-35%	-51353498223.61	23553238637.62	96191763.93	115861050592.96	-139510480994.52	2902187094.64
-30%	-44017284191.66	20188490260.82	82450083.37	99309471936.82	-119580412281.02	2461232077.91
-25%	-36681070159.72	16823741884.02	68708402.81	82757893280.69	-99650343567.51	2029455597.30
-20%	-29344856127.78	13458993507.21	54966722.25	66206314624.55	-79720274854.01	16066614478.54
-15%	-22008642095.83	10094245130.41	41225041.69	49654735968.41	-59790206140.51	1192473130.72
-10%	-14672428063.89	6729496753.61	27483361.12	33103157312.27	-39860137427.01	786803278.30
-5%	-7336214031.94	3364748376.80	13741680.56	16551578656.14	-19930068713.50	389383703.73
0%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5%	7336214031.94	-3364748376.80	-13741680.56	-16551578656.14	19930068713.50	-381555667.12
10%	14672428063.89	-6729496753.61	-27483361.12	-33103157312.27	39860137427.00	-755484787.70
15%	22008642095.83	-10094245130.41	-41225041.69	-49654735968.41	59790206140.51	-1121982727.38
20%	29344856127.78	-13458993507.21	-54966722.25	-66206314624.55	79720274854.01	-1481238938.72
25%	36681070159.72	-16823741884.02	-68708402.81	-82757893280.69	99650343567.51	-1833437164.45
30%	44017284191.66	-20188490260.82	-82450083.37	-99309471936.82	119580412281.02	-2178755632.92
35%	51353498223.61	-23553238637.62	-96191763.93	-115861050592.96	139510480994.52	-2517367246.21
40%	58689712255.55	-26917987014.43	-109933444.49	-132412629249.10	159440549708.02	-2849439760.99
45%	66025926287.49	-30282735391.23	-123675125.06	-148964207905.24	179370618421.52	-3175135962.71
50%	73362140319.44	-33647483768.04	-137416805.62	-165515786561.37	199300687135.03	-3494613833.14
Rentang	1467242806.39	672949675.36	2748336.11	3310315731.23	3986013742.70	77772886.25

Lampiran 8 Prediksi Trafik Datang, Trafik Terlayani, Trafik Terblok, dan Tambahan Pendapatan

Pendapatan per Satuan Trafik = Rp230.120,08/Erlang

Sewa Jaringan Host Network per satuan Trafik = Rp191.110,76/Erlang

Bulan	Trafik Datang (Erlang)	Trafik Terlayani (Erlang)	Trafik Terblok yang Tertampung Host Network (Erlang)	Tambahan Pendapatan (Rupiah)	Tambahan Pendapatan (%)
May-11	3842695.77	3820810.43	21885.33	853731866.91	0.57%
June-11	3815281.16	3793434.32	21846.84	852230305.30	0.58%
July-11	3787866.55	3766058.20	21808.35	850728743.68	0.58%
August-11	3760451.94	3738682.09	21769.85	849227182.06	0.58%
September-11	3733037.34	3711305.97	21731.36	847725620.44	0.59%
October-11	3705622.73	3683929.86	21692.87	846224058.83	0.59%
November-11	3678208.12	3656553.75	21654.38	844722497.21	0.59%
December-11	3650793.52	3629177.63	21615.89	843220935.59	0.60%
January-12	3623378.91	3601801.52	21577.39	841719373.97	0.60%
February-12	3595964.30	3574425.40	21538.90	840217812.36	0.60%
March-12	3568549.69	3547049.29	21500.41	838716250.74	0.61%
April-12	3541135.09	3519673.17	21461.92	837214689.12	0.61%
May-12	3513720.48	3492297.06	21423.42	835713127.50	0.61%
June-12	3486305.87	3464920.94	21384.93	834211565.89	0.62%
July-12	3458891.26	3437544.83	21346.44	832710004.27	0.62%
August-12	3431476.66	3410168.71	21307.95	831208442.65	0.62%
September-12	3404062.05	3382792.60	21269.45	829706881.03	0.63%
October-12	3376647.44	3355416.48	21230.96	828205319.42	0.63%
November-12	3349232.84	3328040.37	21192.47	826703757.80	0.64%
December-12	3321818.23	3300664.25	21153.98	825202196.18	0.64%
January-13	3294403.62	3273288.14	21115.48	823700634.57	0.65%
February-13	3266989.01	3245912.02	21076.99	822199072.95	0.65%
March-13	3239574.41	3218535.91	21038.50	820697511.33	0.65%
April-13	3212159.80	3191159.79	21000.01	819195949.71	0.66%
May-13	3184745.19	3163783.68	20961.51	817694388.10	0.66%
June-13	3157330.58	3136407.56	20923.02	816192826.48	0.67%
July-13	3129915.98	3109031.45	20884.53	814691264.86	0.67%
August-13	3102501.37	3081655.33	20846.04	813189703.24	0.68%
September-13	3075086.76	3054279.22	20807.55	811688141.63	0.68%
October-13	3047672.16	3026903.10	20769.05	810186580.01	0.69%
November-13	3020257.55	2999526.99	20730.56	808685018.39	0.69%
December-13	2992842.94	2972150.87	20692.07	807183456.77	0.70%
January-14	2965428.33	2944774.76	20653.58	805681895.16	0.70%
February-14	2938013.73	2917398.64	20615.08	804180333.54	0.71%
March-14	2910599.12	2890022.53	20576.59	802678771.92	0.71%
April-14	2883184.51	2862646.41	20538.10	801177210.30	0.72%
May-14	2855769.90	2835270.30	20499.61	799675648.69	0.72%
June-14	2828355.30	2807894.18	20461.11	798174087.07	0.73%
July-14	2800940.69	2780518.07	20422.62	796672525.45	0.73%
August-14	2773526.08	2753141.95	20384.13	795170963.83	0.74%
September-14	2746111.48	2725765.84	20345.64	793669402.22	0.75%
October-14	2718696.87	2698389.72	20307.14	792167840.60	0.75%
November-14	2691282.26	2671013.61	20268.65	790666278.98	0.76%
December-14	2663867.65	2643637.49	20230.16	789164717.36	0.77%
January-15	2636453.05	2616261.38	20191.67	787663155.75	0.77%
February-15	2609038.44	2588885.26	20153.17	786161594.13	0.78%
March-15	2581623.83	2561509.15	20114.68	784660032.51	0.79%
April-15	2554209.22	2534133.03	20076.19	783158470.89	0.79%
May-15	2526794.62	2506756.92	20037.70	781656909.28	0.80%
June-15	2499380.01	2479380.80	19999.21	780155347.66	0.81%
July-15	2471965.40	2452004.69	19960.71	778653786.04	0.81%
August-15	2444550.80	2424628.57	19922.22	777152224.42	0.82%
September-15	2417136.19	2397252.46	19883.73	775650662.81	0.83%
October-15	2389721.58	2369876.35	19845.24	774149101.19	0.84%
November-15	2362306.97	2342500.23	19806.74	772647539.57	0.85%
December-15	2334892.37	2315124.12	19768.25	771145977.96	0.85%
January-16	2307477.76	2287748.00	19729.76	769644416.34	0.86%
February-16	2280063.15	2260371.89	19691.27	768142854.72	0.87%

**Lampiran 8 Prediksi Trafik Datang, Trafik Terlayani, Trafik Terblok, dan
Tambahan Pendapatan (cont'd)**

Bulan	Trafik Datang (Erlang)	Trafik Terlayani (Erlang)	Trafik Terblok yang Tertampung Host Network (Erlang)	Tambahan Pendapatan (Rupiah)	Tambahan Pendapatan (%)
March-16	2252648.54	2232995.77	19652.77	766641293.10	0.88%
April-16	2225233.94	2205619.66	19614.28	765139731.49	0.89%
May-16	2197819.33	2178243.54	19575.79	763638169.87	0.90%
June-16	2170404.72	2150867.43	19537.30	762136608.25	0.91%
July-16	2142990.12	2123491.31	19498.80	760635046.63	0.92%
August-16	2115575.51	2096115.20	19460.31	759133485.02	0.93%
September-16	2088160.90	2068739.08	19421.82	757631923.40	0.94%
October-16	2060746.29	2041362.97	19383.33	756130361.78	0.95%
November-16	2033331.69	2013986.85	19344.83	754628800.16	0.96%
December-16	2005917.08	1986610.74	19306.34	753127238.55	0.97%
January-17	1978502.47	1959234.62	19267.85	751625676.93	0.98%
February-17	1951087.86	1931858.51	19229.36	750124115.31	1.00%
March-17	1923673.26	1904482.39	19190.87	748622553.69	1.01%
April-17	1896258.65	1877106.28	19152.37	747120992.08	1.02%
May-17	1868844.04	1849730.16	19113.88	745619430.46	1.03%
June-17	1841429.44	1822354.05	19075.39	744117868.84	1.05%
July-17	1814014.83	1794977.93	19036.90	742616307.22	1.06%
August-17	1786600.22	1767601.82	18998.40	741114745.61	1.07%
September-17	1759185.61	1740225.70	18959.91	739613183.99	1.09%
October-17	1731771.01	1712849.59	18921.42	738111622.37	1.10%
November-17	1704356.40	1685473.47	18882.93	736610060.75	1.12%
December-17	1676941.79	1658097.36	18844.43	735108499.14	1.14%
January-18	1649527.18	1630721.24	18805.94	733606937.52	1.15%
February-18	1622112.58	1603345.13	18767.45	732105375.90	1.17%
March-18	1594697.97	1575969.01	18728.96	730603814.28	1.19%
April-18	1567283.36	1548592.90	18690.46	729102252.67	1.21%
May-18	1539868.76	1521216.78	18651.97	727600691.05	1.23%
June-18	1512454.15	1493840.67	18613.48	726099129.43	1.25%
July-18	1485039.54	1466464.55	18574.99	724597567.81	1.27%
August-18	1457624.93	1439088.44	18536.49	723096006.20	1.29%
September-18	1430210.33	1411712.32	18498.00	721594444.58	1.31%
October-18	1402795.72	1384336.21	18459.51	720092882.96	1.33%
November-18	1375381.11	1356960.09	18421.02	718591321.35	1.36%
December-18	1347966.50	1329583.98	18382.53	717089759.73	1.38%
January-19	1320551.90	1302207.86	18344.03	715588198.11	1.41%
February-19	1293137.29	1274831.75	18305.54	714086636.49	1.44%
March-19	1265722.68	1247455.63	18267.05	712585074.88	1.46%
April-19	1238308.07	1220079.52	18228.56	711083513.26	1.49%
May-19	1210893.47	1192703.40	18190.06	709581951.64	1.53%
June-19	1183478.86	1165327.29	18151.57	708080390.02	1.56%
July-19	1156064.25	1137951.17	18113.08	706578828.41	1.59%
August-19	1128649.65	1110575.06	18074.59	705077266.79	1.63%
September-19	1101235.04	1083198.94	18036.09	703575705.17	1.67%
October-19	1073820.43	1055822.83	17997.60	702074143.55	1.70%
November-19	1046405.82	1028446.72	17959.11	700572581.94	1.75%
December-19	1018991.22	1001070.60	17920.62	699071020.32	1.79%
January-20	991576.61	973694.49	17882.12	697569458.70	1.84%
February-20	964162.00	946318.37	17843.63	696067897.08	1.89%
March-20	936747.39	918942.26	17805.14	694566335.47	1.94%
April-20	909332.79	891566.14	17766.65	693064773.85	1.99%
May-20	881918.18	864190.03	17728.15	691563212.23	2.05%
June-20	854503.57	836813.91	17689.66	690061650.61	2.11%
July-20	827088.97	809437.80	17651.17	688560089.00	2.18%
August-20	799674.36	782061.68	17612.68	687058527.38	2.25%
September-20	772259.75	754685.57	17574.19	685556965.76	2.33%
October-20	744845.14	727309.45	17535.69	684055404.14	2.41%
November-20	717430.54	699933.34	17497.20	682553842.53	2.50%
December-20	690015.93	672557.22	17458.71	681052280.91	2.60%