

IMPLEMENTASI SHORT MESSAGE SERVICE (SMS) PADA JARINGAN GSM MENGGUNAKAN OPENBTS V 5.0

Dhipo Arsyandana Putra¹

Moch. Fahru Rizal²

Periyadi³

Fakultas Ilmu Terapan - Universitas Telkom

¹ dhipoaputra@gmail.com

² mfr@tass.telkomuniversity.ac.id

³ periyadi2k9@gmail.com

Abstrak

Open Base Transceiver Station (OpenBTS) merupakan teknologi telekomunikasi terbaru yang *open source* dan berjalan di sistem operasi linux. Teknologi ini mampu menjadi solusi sebagai pengganti standar infrastruktur jaringan *Global System for Mobile Communication (GSM)* dari BTS. Dengan *openBTS*, penerapan sebuah *Base Transceiver Station (BTS)* menjadi lebih mudah diimplementasikan khususnya untuk di daerah pedalaman yang masih kurang ketersediaan BTS dan biaya pengiriman SMS tidak hanya menjadi lebih murah atau bahkan bisa menjadi gratis sehingga masyarakat yang kurang mampu juga bisa menikmati layanan pesan singkat.

Maka dari itu, dalam Proyek Akhir ini telah berhasil dilakukan suatu implementasi yang menggabungkan antara teknologi *openBTS* versi 5 dengan layanan pesan singkat pada jaringan GSM menggunakan sistem operasi ubuntu 14.04 dan satu perangkat USRP tipe RAD1.

Kata kunci: OpenBTS, BTS, Telekomunikasi, SMS, Handphone, GSM

Abstract

Open Base Transceiver Station (OpenBTS) is a new communication technology which has an open source and runs in Linux operation system. This technology can be the solution to replace the standard infrastructure from BTS to *Global System for Mobile Communication (GSM)*. Among *openBTS*, the application of BTS becomes easier to be implemented especially in an unreached area that still have not enough BTS and the SMS fee which not only cheaper but also can be free for poor people.

From that case, in this last project has successfully an implementation that combine the version 5 of *openBTS* technology with SMS in GSM network by using operating system ubuntu 14.04 and a USRP device type RAD1.

Keywords: OpenBTS, BTS, Telekomunikasi, SMS, Handphone, GSM

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi telekomunikasi sangatlah pesat di era globalisasi saat ini. Teknologi yang tersediapun juga sudah beraneka ragam untuk menyesuaikan kebutuhan masyarakat salah satunya seperti *Global System for Mobile Communication (GSM)* yang disediakan oleh operator jaringan operator selular. Dalam berkomunikasi, masyarakat membutuhkan media berupa telepon selular seperti layanan suara dan pesan singkat sehingga dapat memudahkan masyarakat untuk berkomunikasi dengan orang lain tanpa menggunakan jaringan internet.

Tanpa internet, masyarakat dapat berkomunikasi jarak jauh dengan menggunakan biaya yang murah dan menunjang kualitas komunikasi yang bagus. Hanya saja masalah yang terdapat pada penggunaan telepon selular ini masih mengalami gangguan sinyal yang menyebabkan *delay* pada pengiriman pesan singkat khususnya di Indonesia pada daerah-daerah pedalaman yang jauh dari

jangkauan karena kurangnya BTS-BTS yang disediakan oleh operator jaringan selular.

Untuk mengatasi masalah tersebut pasti dibutuhkannya media-media dan teknologi terbaru sebagai pendukung tambahan untuk menyempurnakan tingkat efisiensi dan kemajuan teknologi telekomunikasi. Kini telah hadir teknologi terbaru sebuah BTS mini yang lebih hemat akan sumber dayanya, efisien dan fleksibel. Teknologi ini diciptakan untuk membantu meringankan masyarakat yang kurang mengerti dengan penggunaan telepon selular serta masyarakat yang berada pada daerah pedalaman agar dapat berkomunikasi tanpa harus terhubung ke operator jaringan telepon selular. Teknologi ini adalah *Open Base Transceiver Station (OpenBTS)*.

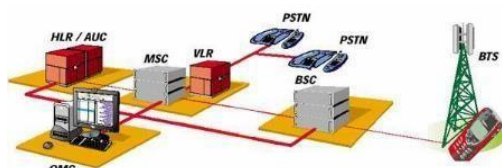
Maka dari itu, dalam proyek akhir ini akan dibangun sebuah jaringan GSM menggunakan *openBTS* versi 5.0 sebagai solusi untuk membantu masyarakat dalam berkomunikasi melalui pesan singkat khususnya pada daerah pedalaman yang jauh dari jangkauan.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Global System for Mobile Communication (GSM)

Global System for Mobile Communication (GSM) adalah sistem telekomunikasi untuk selular yang bersifat digital. Saat ini, teknologi GSM sudah diterapkan pada komunikasi bergerak, khususnya telepon genggam. Teknologi ini merupakan standar yang dikembangkan dengan kapasitas yang cukup banyak dan lebih tinggi daripada sistem analog saat ini. GSM menyediakan sejumlah layanan termasuk komunikasi suara, pesan singkat atau *Short Message Service* (SMS), faksimile, *voice*, dan layanan tambahan lainnya [1].

2.2 Arsitektur Jaringan GSM



Gambar 2. 1 Arsitektur Jaringan GSM

Pada Gambar 2.1 terlihat arsitektur jaringan GSM, terdapat 4 *network element* pada jaringan GSM diantaranya adalah :

1. Base Station Sub-system (BSS)
 - a. *Base Transceiver Station* (BTS) merupakan perangkat GSM yang berfungsi sebagai pengirim dan penerima sinyal. BTS terdiri dari perlengkapan radio yang diperlukan untuk mendukung sebuah sel [2].
 - b. *Base Station Controller* (BSC) merupakan perangkat yang mengontrol kinerja BTS-BTS dan menjadi penghubung MSC dengan BTS.
2. Network Sub-system (NSS)
 - a. *Mobile Switching Center* (MSC) sebagai inti jaringan selular, dan berperan untuk interkoneksi hubungan komunikasi.
 - b. *Home Location Register* (HLR) sebagai *database* untuk menyimpan semua data informasi pelanggan agar tersimpan secara permanen.
 - c. *Visitor Location Register* (VLR) sebagai *database* menyimpan data dan informasi pelanggan secara sementara.
 - d. *Authentication Center* (AuC) yang diperlukan untuk memeriksa keabsahan pelanggan dalam melakukan komunikasi
 - e. *Equipment Identity Registration* (EIR) yang memuat data-data pelanggan.

3. Operating and Maintenance Center (OMC)

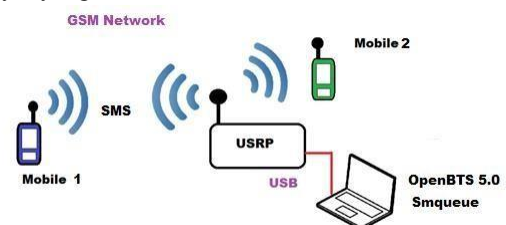
OMC berperan sebagai pusat pengendalian, diantaranya *fault management*, *configuration management*, *Performance management*, dan *Inventory management*.
4. Mobile Station (MS)

Mobile Station (MS) merupakan perangkat bergerak yang digunakan untuk mengakses layanan telekomunikasi *Public Land Mobile Network* (PLMN) GSM. MS terdiri atas dua perangkat pendukung yaitu :

 - a. *Mobile Equipment* (ME) atau *handset*, merupakan perangkat GSM yang berfungsi sebagai terminal *transceiver* (pengirim dan penerima sinyal) untuk berkomunikasi dengan perangkat GSM lainnya.
 - b. *Subscriber Identity Module* (SIM) atau *SIM Card*, merupakan kartu yang berisi seluruh informasi pelanggan dan berapa informasi pelayanan. ME tidak akan dapat digunakan tanpa SIM di dalamnya, kecuali untuk panggilan darurat. Data yang disimpan dalam SIM secara umum, adalah:
 - 1) *International Mobile Subscriber Identity* (IMSI) merupakan penomoran pelanggan sebagai identitas sebuah telepon selular.
 - 2) *Mobile Subscriber ISDN* (MSISDN) merupakan nomor yang digunakan sebagai nomor panggil pelanggan [2].

2.3 Open Base Transceiver Station (OpenBTS)

Open Base Transceiver Station (OpenBTS) adalah sebuah BTS GSM berbasis *software* yang menyediakan transmisi sinyal komunikasi untuk memungkinkan *handphone* GSM dapat mengirimkan pesan singkat tanpa menggunakan jaringan operator selular [3]. *OpenBTS* ini sudah hadir dengan berbagai versi. Untuk versi terbaru saat ini yaitu *openBTS* versi 5.0. Versi terbaru ini memiliki beberapa perbedaan dengan versi yang sebelumnya. Perbedaan tersebut diantaranya adalah terletak pada struktur file, model komunikasi, fitur-fitur dan kapasitas kanal sinyal yang tersedia.

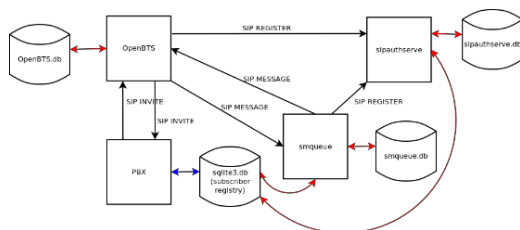


Gambar 2. 2 Arsitektur Jaringan OpenBTS

Pada Gambar 2.2 terlihat arsitektur pada jaringan *openBTS*. Adapun cara kerja *openBTS* sesuai Gambar 2.2 di atas ialah *client* mengirimkan *request* kepada server agar dapat berkomunikasi dengan jaringan telepon berbasis *openBTS*. *Request* yang dikirimkan disertai dengan identitas data *handphone client*. Identitas tersebut berupa IMSI. Server *openBTS* akan mengecek identitas yang dikirimkan oleh *client* berdasarkan konfigurasi yang berada di dalam server *openBTS*. Jika data yang dikirimkan oleh *client* ternyata ditolak, maka server *openBTS* akan menghubungi *smqueue* berdasarkan data yang didapatkan dari server agar *smqueue* mengirimkan pesan kepada *client* bahwa MS belum terhubung. Jika MS *client* diterima, maka *openBTS* akan menyimpan data *client* di dalam server *openBTS* dan memberitahukan ke *smqueue* untuk mengirimkan pesan kepada *client* "Welcome to the GSM Network" [4].

2.4 Smqueue

Smqueue adalah salah satu *tools* yang akan digunakan untuk mendukung layanan SMS di instalasi *openBTS*. *Smqueue* mulai didistribusikan di *openBTS* 2.5 dan selanjutnya. *Interface* SIP *smqueue* biasanya berjalan di port 5063 [7].



Gambar 2.3 Diagram Sistem OpenBTS dengan Smqueue

2.5 Universal Software Radio Peripheral (USRP)

USRP merupakan salah satu *hardware* yang diproduksi oleh *Ettus Research* LLC dan digunakan untuk membangun suatu jaringan *openBTS* yang dijadikan sebagai pengganti BTS dan berfungsi sebagai pengirim dan penerima sinyal jaringan telepon selular *openBTS*. Cara kerja dari USRP ini adalah menghubungkan komputer server dengan *client* telepon selular melalui USB. Koneksi ini memungkinkan perangkat lunak untuk mengontrol USRP dan menyediakan sinyal untuk transmisi serta menerima. Pada Gambar 2.4 merupakan contoh perangkat USRP dengan tipe RAD1 [6].



Gambar 2.4 USRP RangeNetworks Tipe RAD1 [12]

2.6 USRP Hardware Device (UHD)

UHD merupakan *device driver* yang digunakan sebagai *driver* USRP dan tersedia oleh *Research Ettus* untuk digunakan oleh produk USRP. UHD digunakan oleh selain USRP1, baik itu E1xx, N2xx dan yang lainnya [14]. Untuk instalasi UHD bisa dilakukan melalui *pybombs*.



Gambar 2.5 GNU Radio pada Phyton Bombs

Pada Gambar 2.5 terlihat tampilan GNU Radio pada *pythm bombs*. *Phyton Bombs* merupakan salah satu *software* yang tersedia di *github* sebagai pengganti GNU Radio. Saat ini *phyton bombs* juga menyediakan GNU Radio pada sistem operasi linux dengan melakukan *cloning pybombs* pada *github* dengan memanggil sebuah file *app_store.py* [5].

3. Pembahasan

3.1 Gambaran Sistem Saat Ini

Sistem yang akan dibangun saat ini sudah dalam bentuk lisensi yang tersedia untuk publik dan hanya fokus pada implementasi layanan pesan singkat dalam jaringan *openBTS*.

3.2 Kebutuhan Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

3.2.1 Spesifikasi Kebutuhan Perangkat Keras

Adapun perangkat keras yang akan digunakan dalam pengerjaan proyek akhir ini adalah sebagai berikut :

Tabel 1
Spesifikasi Kebutuhan Perangkat Keras

No.	Jenis Perangkat	Jumlah	Spesifikasi
1.	Laptop (Server)	1	Core i3, RAM 6 GB, HD 500 GB
2.	USRP	1	RangeNetworks RAD1
3.	SIM Card	-	GSM
4.	Handphone GSM	2	Sony X-peria miro dan BLU

3.2.2 Spesifikasi Kebutuhan Perangkat Lunak

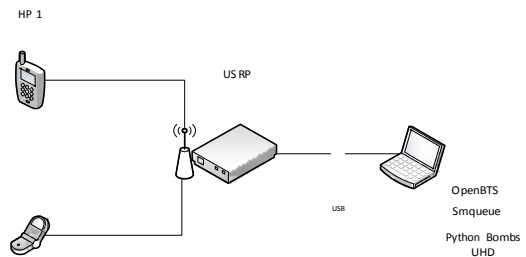
Adapun perangkat lunak yang akan digunakan dalam pengerjaan proyek akhir ini adalah sebagai berikut :

Tabel 2
Spesifikasi Kebutuhan Perangkat Lunak

No.	Jenis Perangkat	Jumlah	Spesifikasi
1.	Linux Ubuntu	1	Versi 14.04 LTS
2.	Phyton Bombs	1	-
3.	OpenBTS	1	Versi 5.0
4.	Smqueue	1	-
5.	UHD	1	3.8.0

3.3 Perancangan Sistem

3.3.1 Desain Sistem Jaringan OpenBTS

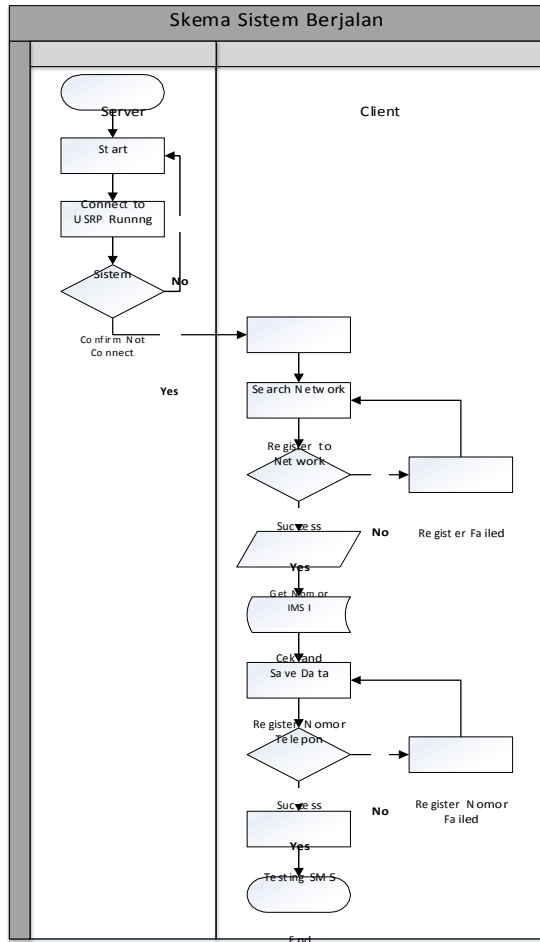


Gambar 3. 1 Desain Jaringan OpenBTS

Pada Gambar 3.1 terlihat desain sistem yang akan dibangun untuk jaringan *openBTS*. Secara umum, perancangan sistem yang akan dibangun dapat dikelompokkan menjadi beberapa bagian pada *hardware* diantaranya adalah :

- 1. Server**
 Server ini berupa sebuah laptop yang digunakan sebagai pusat seluruh informasi yang dilalui pada jaringan *openBTS*. Server ini memiliki beberapa *software-software* pendukung di dalamnya seperti *openBTS*, *UHD*, *Phyton Bombs*, *smqueue*, dan sistem operasi Ubuntu Linux 14.04.
- 2. Universal Software Radio Peripheral (USRP)**
 USRP ini berupa sebuah perangkat keras yang menggantikan fungsi *Base Transceiver Station* (BTS) sebagai penghubung antar pengguna telepon selular dengan server dan juga berfungsi sebagai pengirim dan penerima sinyal jaringan telepon selular *openBTS*.
- 3. Universal Serial Bus (USB)**
 USB ini berupa kabel yang digunakan sebagai penghubung antara perangkat keras USRP dengan laptop yang bertindak sebagai server *openBTS*.
- 4. Handphone dan SIM card**
Handphone ini merupakan dua perangkat keras yang digunakan sebagai *client* untuk alat komunikasi yang terhubung dengan USRP dan server *openBTS*. Setiap *handphone* memiliki satu buah *SIM card* yang berfungsi untuk memberikan informasi sebuah identitas penomoran agar dapat dikenali oleh jaringan *openBTS*.

3.3.2 Perancangan Sistem Berjalan



Gambar 3.2 Perancangan Basis Data pada Sistem Berjalan

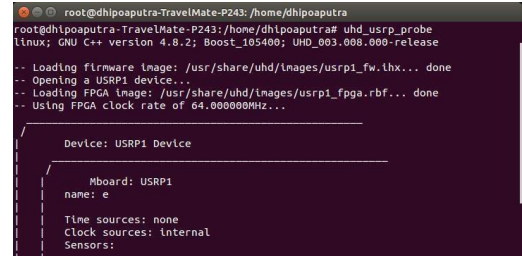
Pada Gambar 3.2 terlihat perancangan sistem yang akan berjalan setelah sistem selesai dibangun. Saat server sudah terhubung ke USRP dan semua sistem sudah dijalankan, *client* akan mencari jaringan *openBTS* yang telah dibuat. Jika belum terhubung, jalankan kembali sistemnya. Saat jaringan *openBTS* sudah ditemukan oleh *client*, *client* langsung memilih jaringan *openBTS* untuk melakukan register ke dalam jaringan tersebut. Namun jika saat melakukan register *failed*, maka *client* melakukan percobaan kembali untuk register. Jika sudah berhasil, *client* akan mendapatkan nomor IMSI pada *handphone*. IMSI tersebut bisa dicek dalam server. Jika IMSI sudah dapat, lalu daftarkan nomor telepon untuk identitas *client*. Register nomor telepon melalui via SMS ke 101 dari *handphone client*. Jika sudah, lakukan percobaan untuk pengiriman pesan antar 2 buah *client* menggunakan *handphone* GSM. Jika keduanya telah berhasil, maka sistem yang dibuat untuk implementasi SMS pada jaringan GSM menggunakan *openBTS* versi 5.0 telah berhasil.

4. Implementasi dan Pengujian

4.1 Mengoperasikan Sistem

1. Connect Ke USRP

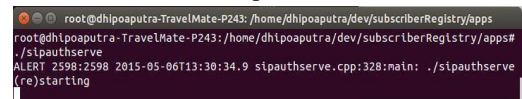
Lakukan seperti Gambar 4.1 untuk menghubungkan server dengan USRP.



Gambar 4.1 Probe USRP melalui UHD

2. Running Sipauthserve

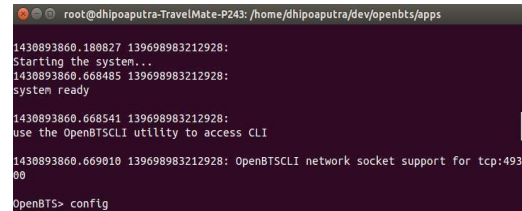
Jalankan *sipauthserve* untuk melakukan *update database* data *client* seperti Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Running Sipauthserve berhasil

3. Running OpenBTS

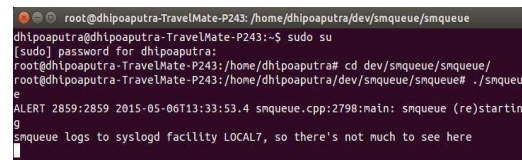
Jalankan *openBTS* maka akan keluar seperti Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Running OpenBTS berhasil

4. Running Smqueue

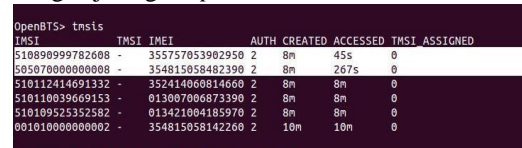
Jalankan *smqueue* sebagai aplikasi pendukung SMS.



Gambar 4.4 Running Smqueue berhasil

5. Cek tmsis

Cek nomor IMSI *client* yang sudah terhubung dengan jaringan *openBTS*.



Gambar 4.5 Daftar nomor IMSI pada TMSIS

4.2 Pengujian Sistem

1. Connect Ke Jaringan OpenBTS

a. Setting handphone

Setelan > Selengkapnya > Jaringan Mobile > Operator Jaringan > Mode Pencarian > Pilih Manual



Gambar 4. 6

Setting Mode Pencarian Jaringan secara Manual

b. Pilih Jaringan OpenBTS

Setelah melakukan pengaturan manual, maka muncul beberapa jaringan GSM yang tersedia pada *handphone*.

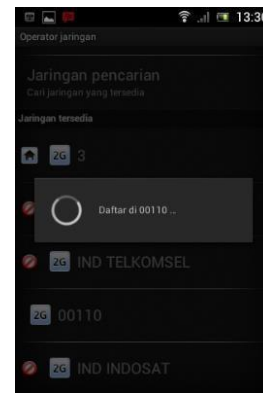


Gambar 4. 7

Tampilan Jaringan GSM yang tersedia

c. Pilih Jaringan GSM dengan nama "00110"

Ketika Jaringan yang muncul terdapat nama sebuah angka. Misalnya seperti jaringan dengan nama "00110", maka angka tersebut merupakan nama jaringan yang dibuat pada kode MCC dan MNC yang dikonfigurasi di dalam openBTS. Biasanya nama dengan angka tersebut muncul dikarenakan jaringan tersebut baru pertama kali dibuat sehingga belum sesuai dengan nama yang sudah diberikan.

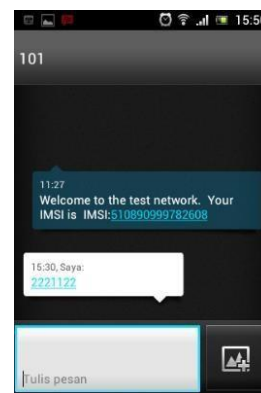


Gambar 4. 8

Proses Register ke dalam Jaringan "00110"

d. Mendapatkan Nomor IMSI

Ketika sudah terhubung ke jaringan 00110, maka akan secara otomatis akan mendapatkan sebuah nomor IMSI yang dikirimkan dari server.



Gambar 4. 9

Tampilan pertama mendapatkan nomor IMSI

2. Registrasi Nomor Telepon

Adapun format untuk registrasi nomor telepon yaitu :

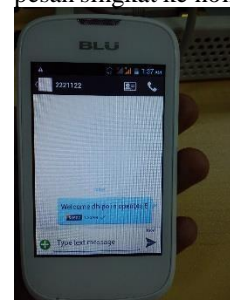
Kirim ke: 101

Ketik : 2221122

(Nomor yang diinputkan minimal 7-10 karakter angka)

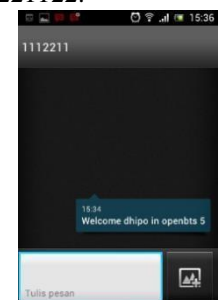
3. Komunikasi Pesan Singkat antar Handphone

Nomor 1112211 melakukan pengiriman pesan singkat ke nomor 2221122.



Gambar 4. 10

Pengiriman Pesan Keluar



Gambar 4. 11

Penerimaan Pesan Masuk

4.3 Pengujian Performansi

1. Pengujian Kualitas Sinyal dengan Jarak Jangkauan

Tabel 4. 1
Parameter Jumlah Batang Sinyal untuk Pengujian Jarak

No	Parameter Ukur	Kualitas
1	Jumlah batang sinyal 5	Sangat Bagus
2	Jumlah batang sinyal 4	Bagus
3	Jumlah batang sinyal 3	Cukup
4	Jumlah batang sinyal 2	Kurang Bagus
5	Jumlah batang sinyal 1	Buruk

Dari analisis data pada Tabel 4.1, hasil pengujian yang telah dilakukan membuktikan bahwa jaringan *openBTS* yang diimplementasikan bisa memberikan jangkauan sinyal pada jarak 1-12 meter itu dalam kategori "*sangat bagus*", 15-18 meter dalam kategori "*bagus*", 21-24 meter dalam kategori "*cukup*", 27-30 meter dalam kategori "*kurang bagus*" dan 40-50 meter dalam kategori "*Buruk*".

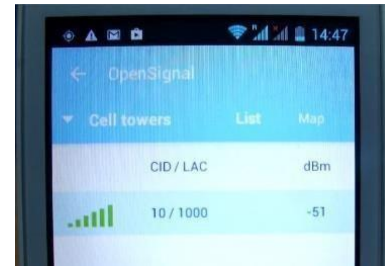
2. Pengujian Kualitas Sinyal dengan Open Signal

Tahap pengujian selanjutnya yaitu menggunakan aplikasi android *open signal* untuk mengetahui jumlah kualitas sinyal dalam satuan *decibel milliwatt* (dBm) yang diterima oleh *handphone* yang terhubung ke jaringan *dhipoBTS*.



Gambar 4. 12
Tampilan Awal Aplikasi Open Signal

Selanjutnya pilih ikon sinyal dan pilih menu list, maka akan terlihat seperti Gambar 4.8

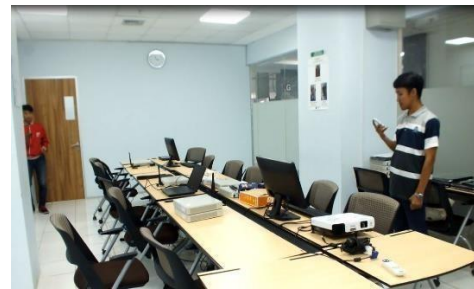


Gambar 4. 13
Tampilan Open Signal menunjukkan jumlah kualitas sinyal dari jaringan *dhipoBTS*

Keterangan :

- Cell ID (CID) : Nomor identifikasi BTS yang terhubung dengan *handphone*
- Local Area Code (LAC) : identifikasi area lokasi dalam jaringan dari BTS.
- Decibel miliWatt (dBm) : Satuan kekuatan sinyal atau daya pancar.

3. Pengujian Kualitas Delay SMS



Gambar 4. 14
Pengujian SMS pada jarak 2-3 meter

Total waktu yang dihasilkan pada pengujian pengiriman 50 SMS antar *handphone* dengan jarak 2-3 meter adalah 76.6 detik, sehingga diperoleh nilai rata-rata dari pengiriman SMS dalam jaringan *openBTS* ini adalah 01.53 detik/SMS.

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil proses implementasi dan pengujian yang dilakukan pada Proyek Akhir ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Implementasi *Short Message Service* (SMS) dengan menggunakan *OpenBTS* versi 5.0 yang bertujuan sebagai mini BTS telah berhasil dilakukan dengan menggunakan satu buah USRP.
- Kualitas sinyal yang dihasilkan oleh jaringan *OpenBTS* mengalami kondisi buruk pada radius 40 sampai 50 meter.
- Delay SMS yang dihasilkan pada percobaan pengiriman 50 sms memiliki nilai rata-rata yaitu 01.53 s.

5.2 Saran

Berdasarkan dari hasil implementasi Proyek Akhir ini terdapat beberapa saran yang diambil yaitu sebagai berikut :

1. Sebelum melakukan implementasi *OpenBTS*, diharapkan untuk memperhatikan jenis perangkat pendukung yang digunakan karena sangat mempengaruhi pada *software* yang akan digunakan.
2. Untuk kedepannya, dengan semakin berkembangnya teknologi telekomunikasi *openBTS* ini dapat dijadikan sebagai solusi terbaik bagi kalangan masyarakat khususnya masyarakat yang kurang mampu untuk berkomunikasi dengan biaya yang murah.

6. Ucapan Terima Kasih

Pada proses penyelesaian Proyek Akhir ini, penulis banyak menerima bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Dengan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak, diantaranya :

1. Allah SWT yang telah memberikan kemudahan, rasa sabar, percaya diri serta nikmat umur, nikmat sehat dan atas berkat rahmat dan karunia-Nya selama pengerjaan Proyek Akhir ini.
2. Kedua orang tua penulis, Agus Sudana dan Giarsi atas segala pengorbanan, kasih sayang, kesabaran dan doa yang tiada henti kepada-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Proyek Akhir ini.
3. Kakak penulis, Anggi Arsyandana Putri yang selalu memberikan dukungan dan semangat dalam pengerjaan Proyek Akhir ini.
4. Bapak Moch. Fahu Rizal dan Bapak Periyadi, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan motivasi yang penuh kepada penulis selama pengerjaan Proyek Akhir ini.
5. Bapak Adityo Purnomo dan Mas Randy dari Surya University yang telah bersedia menampung, memberikan arahan dan bantuan alat kepada penulis dalam pengerjaan Proyek Akhir ini.
6. Teman-teman NE 12-02 dan PCE 12-04 atas kebersamaan dari semester awal sampai akhir dalam belajar, dukungan, motivasi dan canda tawa kalian.
7. Para penghuni kontrakan "Ukon" : Walid, Syukron, Emil, Erick, Fandi, Ain, Saheb, Agus, Dika Surya, Nico, Niko dan Angga atas kebersamaan setiap harinya.

Daftar Pustaka

- [1] Susanti, Fitri dkk. (2009). Jaringan Nirkabel. Bandung. Politeknik Telkom.
- [2] Kurniawan, Uke dkk. (2012). *Fundamental Teknologi Selular LTE*. Bandung. Rekayasa Sains..
- [3] C. Kemetmuller, *Installation Guide for OpenBTS*, Darmstadt: CASED, 2010.
- [4] A. Loula, *OpenBTS Installation and Configuration Guide*, Brazil: gnuradio.org, 2009.
- [5] [2015, Februari 1]. "Welcome to GNU Radio!". GNU Radio [Online]. Tersedia : <http://gnuradio.org/redmine/projects/gnuradio/wiki>. [2013].
- [6] [2015, Februari 2]. "USRP N210". Ettus [Online]. Tersedia : <http://www.ettus.com/product/details/UN210-KIT>, [2010].
- [7] [2015, Februari 1]. "OpenBTS SMS". [Online]. Tersedia : http://opensource.telkomspeedy.com/wiki/index.php/OpenBTS:_SMS. [2014].
- [8] David A. Burgess, H. S. S. *The open bts project*, August 2008.
- [9] Azad, A. *Open bts implementation with universal software radio peripheral*, 2011.
- [10] [2015, Mei 24]. "Instalasi Ubuntu Desktop 14.04 LTS Trusty". [Online]. Tersedia : <http://www.pintarkomputer.com/2015/02/langkah-langkah-cara-install-linux-ubuntu-desktop-14.04-lts-trusty-tahr.html>. [2015]
- [11] [2015, Mei 10]. "Arsitektur Jaringan GSM". [Online]. Tersedia: http://www.memoireonline.com/06/10/3545/m_Developpement-dune-plateforme-de-reporting-automatique-des-mesures-radio-et-des-etats-GOS-GSMGP3.html. [2009].
- [12] [2015, Mei 21]. "Professional Development Kit". USRP Product [Online]. Tersedia : <http://www.rangenetworks/products>. [2014].
- [13] [2015, Mei 23]. "BuildInstallRun". Diagram Sistem OpenBTS dengan Smqueue [Online]. Tersedia : <http://openbts.org/w/index.php/BuildInstallRun>. [2014].
- [14] Purbo, W. Onno. (2013). Bongkar Rahasia OpenBTS Untuk Jaringan Operator Selular. Yogyakarta. ANDI.