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

Dhipo Arsyandana Putra¹

Moch. Fahru Rizal²

Periyadi³

¹ dhipoaputra@gmail.com

Fakultas Ilmu Terapan - Universitas Telkom ²mfr@tass.telkomuniversity.ac.id

³periyadi2k9@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).

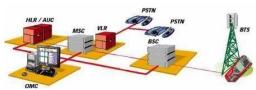
Maka dari itu, dalam proyek akhir ini akan dibangun sebuah jaringan GSM menggunakan *openBTS* versi 5.0 sebagai solusi untuk membantu masyarakat dalam berkomunikasi melalui pesan singkat khususnya pada daerah pedalaman yang jauh dari jangkauan.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Global Systen 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 Arsiterktur 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].
- 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 seluler, dan berperan untuk interkoneksi hubungan komunikasi.
- b. *Home Location Register* (HLR) sebagai *database* untuk menyimpan semua data informasi pelanggan agar tersimpan secara permanen.
- 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:
 - 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].

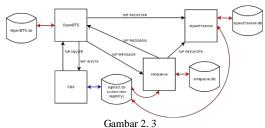


Diagram Sistem OpenBTS dengan Smqueue

2.5 Universal Software Radio Peripheral (USRP)

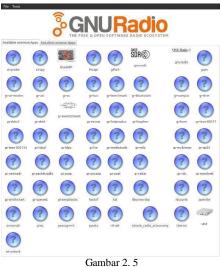
USRP merupakan salah satau hardware yang diproduksi oleh Ettus Research LLC dan digunakan untuk membangun suatu jaringan openBTS yang dijadikan sebagai pengganti BTS dan berfungsi sebagai pengirim dan penerima sinyal jaringan telepon selular openBTS. Cara kerja dari USRP ini adalah menghubungkan komputer server dengan client telepon selular melalui USB. Koneksi ini memungkinkan perangkat lunak 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.



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

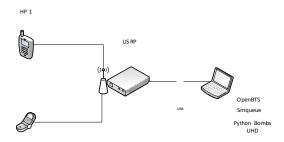
Adapun perangkat lunak yang akan digunakan dalam pengerjaan proyek akhir ini adalah sebagai berikut :

Tabel 2 Spesifikasi Kebutuhan Perangkat Lunak

No.	Jenis Perangkat	Jumlah	Spesifikasi
1.	Linux	1	Versi 14.04
	Ubuntu		LTS
2.	Phyton	1	-
	Bombs		
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

HP 2

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*.

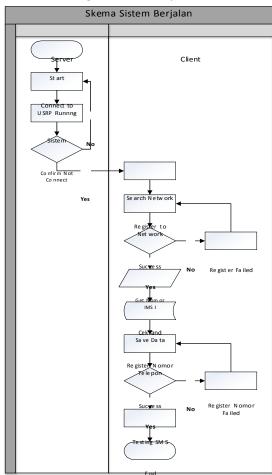
3. Universal Serial Bus (USB)

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

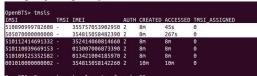
Jalankan *smqueue* sebagai aplikasi pendukung SMS.

```
o oot@dhipoaputra-TravelMate-P243:/home/dhipoaputra/dev/smqueue/smqueue/
dhipoaputra@dhipoaputra-TravelMate-P243:-S sudo su [sudo] password for dhipoaputra:root@dhipoaputra:root@dhipoaputra:ravelMate-P243:/home/dhipoaputra# cd dev/smqueue/smqueue/
root@dhipoaputra-TravelMate-P243:/home/dhipoaputra/dev/smqueue/smqueue#./smqueu
ek
ALERT 2859:2859 2015-05-06713:33:53.4 smqueue.cpp:2798:nain: smqueue (re)starting
g
```

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

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.



Tampilan pertama mendapatkan nomor IMSI

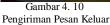
Regisitrasi Nomor Telepon
 Adapun format untuk registrasi nomor telepon yaitu :

Kirim ke: 101 Ketik : 2221122

(Nomor yang diinputkan minimal 7-10 karakter angka)

 Komunikasi Pesan Singkat antar Handphone Nomor 1112211 melakukan pengiriman pesan singkat ke nomor 2221122.







Penerimaan Pesan Masuk

4.3 Pengujian Performansi

1. Pengujian Kualitas Sinyal dengan Jarak Jangkauan

Tabel 4. 1

Parameter Jumlah Batang Sinval untuk Penguijan 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:

- a. Cell ID (CID): Nomor identifikasi BTS yang terhubung dengan *handphone*
- b. Local Area Code (LAC) :identifikasi area lokasi dalam jaringan dari BTS.
- c. 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.
- 2. 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 sebesarbesarnya kepada semua pihak, diantaranya:

- 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.
- 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.
- Bapak Moch. Fahru Rizal dan Bapak Periyadi, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan motivasi yang penuh kepada penulis selama pengerjaan Proyek Akhir ini.
- 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.
- Teman-teman NE 12-02 dan PCE 12-04 atas kebersamaan dari semester awal sampai akhir dalam belajar, dukungan, motivasi dan canda tawa kalian.
- 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.ph p/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/langkahlangkah-cara-install-linux-ubuntu-desktop-14.04lts-trusty-tahr.html. [2015]
- [11] [2015, Mei 10]. "Arsitektur Jaringan GSM". [Online]. Tersedia: http://www.memoireonline.com/06/10/3545/m_D eveloppement-dune-plateforme-de-reporting-automatique-des-mesures-radio-et-des-etats-GOS-GSMGP3.html. [2009].
- [12] [2015, Mei 21]. "Proffesional 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.