

**ANALISIS *PERFORMANCE* JARINGAN 2G *GLOBAL SYSTEM FOR*  
*MOBILE COMMUNICATION* (GSM) FREKUENSI 900 MHz DAN  
1800 MHz BERDASARKAN DATA *DRIVE TEST*  
DI PT. TELKOMSEL PADANG**



**KENNY PRATAMA PUTRA**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRONIKA  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRONIKA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
Wisuda Periode Ke-99 (Maret 2014)**

**PERSETUJUAN PEMBIMBING**

**ANALISIS *PERFORMANCE* JARINGAN 2G *GLOBAL SYSTEM FOR  
MOBILE COMUNICATION* (GSM) FREKUENSI 900 MHz DAN  
1800 MHz BERDASARKAN DATA *DRIVE TEST*  
DI PT. TELKOMSEL PADANG**

**Kenny Pratama Putra**

Artikel ini disusun berdasarkan skripsi Kenny Pratama Putra untuk persyaratan wisuda periode Maret 2014 dan telah di periksa/disetujui oleh kedua pembimbing.

**Padang, Februari 2014**

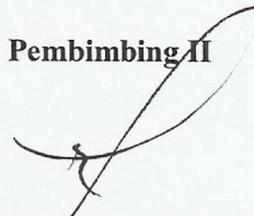
**Disetujui Oleh :**

**Pembimbing I**



**Delsina Faiza, ST, MT**  
NIP. 19830413 200912 2 002

**Pembimbing II**



**Yasdinul Huda, S.Pd, MT**  
NIP. 19501020 197703 1 003

**Analisis Performance Jaringan 2G Global System For Mobile  
Communication (GSM) Frekuensi 900 MHz dan 1800 MHz  
Berdasarkan Data Drive Test di PT. Telkomsel Padang**

**Kenny Pratama Putra<sup>1</sup>, Delsina Faiza<sup>2</sup>, Yasdinul Huda<sup>2</sup>**  
**Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika**  
**FT Universitas Negeri Padang**  
[lgmc\\_khenny@yahoo.co.id](mailto:lgmc_khenny@yahoo.co.id)

**Abstract**

This research was motivated by a decline in performance on the BTS Batang Marau, which indicates the level of Rx Level, Rx Qual and SQI not meet KPI targets, so the presence of the area around the base stations that do not meet the standard Rx Level to make phone calls (blankspot). The purpose of this study was to determine the performance of GSM 900 and 1800 networks, as well as to improve the performance of base stations Batang Marau Power Link Budget calculation method. This study discusses the improving performance of GSM network at the site decreased performance, where performance is observed through measurement results based on the data drive test. The results of data analysis showed : (1) From the analysis, GSM 1800 already meet KPI targets for Rx Level >95 %, Rx Qual >94 % and SQI >93 %. In GSM 900 results analysis and Rx Qual SQI already meet the target KPI Rx Qual >94 % and SQI >93 %, while the results of the analysis of Rx level at 09.00 already reached the target KPI >95 %, at 15:00 and 20:00, still has not reached the target KPI <95 %, which indicates the time of measurement using tools Tems Investigation, there are several areas that Rx the level of poor quality. (2) Value Rx level in the area around the base stations are <-95 dBm indicates blankspot area (can lead to a drop call). (3) The estimated increase in performance on the GSM network by the method of link power budget on the BTS Batang Marau shows 69.3 dBm Rx Level (Good quality) at a distance of 2.5 km, so it can be concluded that the performance of GSM 900 base stations have been increased Batang Marau performances.

**A. PENDAHULUAN**

Sistem komunikasi semakin berkembang dengan tingginya kontinuitas hubungan telekomunikasi, tidak terbatas saat pemakai dalam keadaan diam ditempat ataupun dalam keadaan bergerak. Untuk itu lahirnya sistem

<sup>1</sup> Prodi Pendidikan Teknik Elektronika untuk wisuda periode Maret 2014

<sup>2</sup> Dosen Jurusan Teknik Elektronika FT-UNP

komunikasi dimana pengguna dapat menggunakannya secara *mobile* merupakan solusi yang baik untuk menjamin kontinuitas hubungan komunikasi yang saat ini sangat penting.

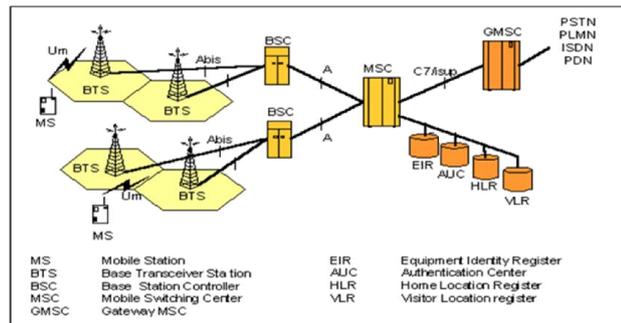
Kontinuitas hubungan telekomunikasi tersebut dapat diwujudkan dengan adanya jaringan *Global System For Mobile Communication* (GSM). GSM merupakan sebuah teknologi komunikasi selular yang bersifat digital, memiliki rincian modulasi dan arsitektur di tingkat jaringan serta layanan pada frekuensi 900 MHz dan 1800 MHz. Teknologi GSM banyak diterapkan pada komunikasi bergerak, khususnya telepon genggam.

Dikutip dalam suaramerdeka, “PT. Telkomsel sebagai operator telekomunikasi seluler GSM pertama di Indonesia, sampai saat ini total pelanggan seluler Telkomsel masih yang terbesar di Indonesia, yakni sekitar 125 juta”. Banyaknya pelanggan seluler Telkomsel ini menunjukkan pengguna sistem komunikasi GSM berkembang dengan pesat, seiring dengan peningkatan kebutuhan telekomunikasi bagi masyarakat modern.

Arsitektur Jaringan GSM terdiri dari beberapa *subsistem* utama yang secara bersama melaksanakan fungsi yang diperlukan untuk mengimplementasikan suatu jaringan radio seluler. *Subsistem* tersebut terlihat pada Gambar 1 yang dikutip dalam mandorkawat (2009) terdiri dari :

<sup>1</sup> Prodi Pendidikan Teknik Elektronika untuk wisuda periode Maret 2014

<sup>2</sup> Dosen Jurusan Teknik Elektronika FT-UNP



**Gambar 1. Arsitektur jaringan GSM**

Peningkatan jumlah *user* (pengguna) jaringan GSM akhir-akhir ini mengakibatkan kepadatan trafik sehingga terjadinya penurunan *performance* pada jaringan GSM seperti gagalnya proses *handover* pada suatu *site* tertentu, lemahnya sinyal terima (*Rx Level*) yang diterima *Mobile Station* (MS) dan kegagalan sambungan (*blocking* dan *drop call*) yang secara tidak langsung dapat menurunkan *Quality of Service* (QoS) atau kualitas layanan. Kualitas layanan yang akan diberikan semestinya sesuai dengan standar kualitas yang telah ditetapkan oleh pemerintah dan operator.

Trafik Menurut Gunawan (2008: 79) :

Diartikan sebagai perpindahan informasi dari suatu tempat ke tempat lain melalui jaringan telekomunikasi. Besaran dari suatu trafik telekomunikasi diukur dengan satuan waktu, sedangkan nilai trafik dari suatu kanal adalah lamanya waktu pendudukan pada kanal tersebut. Salah satu tujuan perhitungan trafik adalah untuk mengetahui unjuk kerja jaringan (*network performance*) dan mutu pelayanan jaringan telekomunikasi (*Quality of Service*).

*Performance* jaringan merupakan salah satu hal penting yang harus diperhatikan dalam mengelola suatu jaringan. *Performance* jaringan dapat memberikan informasi kepada operator mengenai operasi jaringan yang dimiliki dan untuk memberikan informasi mengenai kinerja pada jaringan. Dengan adanya *performance* tersebut, masalah yang terjadi dapat segera

dianalisis penyebabnya dan dapat diselesaikan sesuai dengan prosedur yang ada. Untuk mengetahui bagaimana *performance* dari jaringan, diperlukan adanya proses *monitoring* (pemantauan) jaringan yang dapat digunakan sebagai analisis peningkatan *performance* jaringan sehingga antara operator dan pelanggan sama-sama merasakan kepuasan akan layanan jaringan yang tersedia. Operator menggunakan *key performance indicator* (KPI) untuk memungkinkan pemantauan *performance* yang lebih efisien.

*Performance* jaringan GSM dapat diketahui dengan pemantauan kualitas panggilan telepon pada frekuensi 900 MHz dan 1800 MHz berdasarkan keberhasilan MS dalam mengakses kanal logika GSM. Kanal logika GSM menurut Gunawan (2008:32) “berfungsi membawa informasi pelanggan (data *user*) dan kontrol data pensinyalan”.

Pemantauan kualitas panggilan telepon pada frekuensi 900 MHz dan 1800 MHz salah satunya dapat dilihat dari nilai *Rx Level* yang diterima MS. Lemahnya sinyal terima yang diterima oleh MS, memungkinkan akan terjadinya kegagalan panggilan seperti *blocking call* ataupun *drop call*. Nilai *Rx Lev* dinyatakan dalam satuan *decibel*. Tabel 1 merupakan standar nilai *Rx Lev* yang telah ditetapkan Operator Telkomsel.

**Tabel 1. Standar Nilai *Rx Level***

<b><i>Rx Level</i> (dBm)</b>	<b>Kualitas sinyal</b>
-95 s.d. -120	<i>Bad (drop)</i>
-85 s.d. -95	<i>Fair</i>
0 s.d. -85	<i>Good</i>

Sumber : PT. Telkomsel Padang

Berdasarkan data yang diperoleh dari PT. Telkomsel Padang, BTS di *Base Station Centre* (BSC) Padang yang sering mengalami penurunan *performance* yang dipengaruhi oleh *level Receive Signal Level (Rx Level)*, *Receive Signal Quality (Rx Qual)* dan *Speech Quality Index (SQI)* salah satunya adalah BTS Batang Marau.

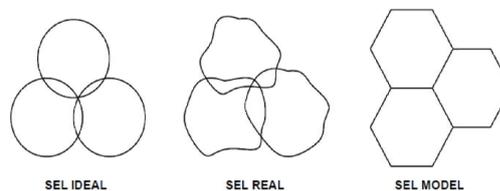
Kinerja BTS yang tidak optimal seperti kurangnya daya pancar akan mengakibatkan tidak akan terjangkaunya daerah *blankspot* pada daerah cakupan BTS. Hal ini memungkinkan MS yang berada pada daerah *blankspot* akan mengalami pelemahan *level* sinyal yang diterima sehingga berkemungkinan terjadinya kegagalan MS dalam melakukan panggilan telepon pada jaringan GSM frekuensi 900 MHz dan 1800 MHz.

Berdasarkan uraian di atas, terdapat beberapa permasalahan *BTS* yang berkaitan dengan kualitas *performance* jaringan GSM pada frekuensi 900 MHz dan 1800 MHz yang disebabkan lemahnya *Rx level*. Sehingga perlu dilakukan optimasi untuk meningkatkan *performance* jaringan GSM. Salah satu langkah optimasi untuk peningkatan *performance* tersebut adalah melakukan analisis *performance* berdasarkan data *drive test* dan diharapkan dapat membantu mengatasi permasalahan-permasalahan yang dihadapi oleh *provider* jaringan GSM serta mengetahui *performance* jaringan (*call Quality*) dengan frekuensi 900 MHz dan 1800 MHz.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk untuk mengetahui *performance* jaringan GSM 900 MHz dan 1800 MHz yang dipantau melalui *drive test* berdasarkan *Receive Signal Level (Rx Level)*, *Receive Signal*

*Quality (Rx Qual)* dan *Speech Quality Index (SQI)* serta untuk meningkatkan *performance* pada jaringan GSM dengan metode perhitungan *Power Link Budget*.

Analisis dengan metode *Power Link Budget* yang dikutip dalam Fadhila (2011: 25) “merupakan salah satu metode untuk mengetahui performansi suatu jaringan”. Perhitungan *Power Link Budget* dapat dilakukan terhadap data spesifikasi BTS untuk merencanakan daya pancar baru pada BTS. BTS menurut Nuraksa (2010: 15) “merupakan perangkat pemancar dan penerima yang memberikan pelayanan radio kepada MS”. Daerah yang masih dilingkupi atau masih dalam pelayanan suatu BTS disebut *coverage*. Gambar 3 menunjukkan bentuk *coverage* dalam komunikasi seluler yang dikutip dalam Abdul (2011: 2) :



**Gambar 3. Bentuk *coverage* BTS**

## **B. METODE PENELITIAN**

Metode penelitian yang dilakukan dalam perencanaan dan pelaksanaan penelitian ini adalah metode deskriptif. Penelitian deskriptif menurut Sukardi (2003:157) yaitu “menggambarkan secara sistematis fakta dan karakteristik objek yang diteliti secara tepat”. Nazir (2011: 84) “semua proses yang diperlukan dalam perencanaan dan pelaksanaan penelitian”.

Berdasarkan pengertian diatas, penelitian ini akan mengungkap *performance* jaringan GSM yang dipantau dari data *drive test* dengan

parameter berdasarkan *Receive Signal Level (Rx Level)*, *Receive Signal Quality (Rx Qual)* dan *Speech Quality Index (SQI)* serta analisis peningkatan *performance* BTS Batang Marau.

Teknik analisa data pada penelitian ini adalah melakukan perhitungan KPI untuk *Receive Signal Level (Rx Level)*, *Receive Signal Quality (Rx Qual)* dan *Speech Quality Index (SQI)* yang bertujuan untuk mengetahui kualitas *performance* jaringan GSM 900 MHz dan 1800 MHz. Perhitungan *Receive Signal Level (Rx Level)*, *Receive Signal Quality (Rx Qual)* dan *Speech Quality Index (SQI)* akan memberi gambaran perbaikan *performance* yang harus dilakukan pada jaringan GSM dengan mengestimasi daya pancar baru BTS menggunakan Metode *Power link budget*. Berikut Perhitungan KPI *Rx Level*, *Rx Qual* dan *SQI* yang dikutip dalam Teuku Fahkrudin (2011:67) dinyatakan dengan :

$$1. Rx\ Level = \frac{Nilai\ Rx\ Level\ Baik+Sedang}{Nilai\ Rx\ Level\ Baik+sedang+Jelek} \times 100\%$$

$$2. Rx\ Qual = \frac{Nilai\ Rx\ Qual\ Baik+Sedang}{Nilai\ Rx\ Qual\ Baik+sedang+Jelek} \times 100\%$$

$$3. SQI = \frac{Nilai\ SQI\ Baik+Sedang}{Nilai\ SQI\ Baik+sedang+Jelek} \times 100\%$$

Dari persamaan diatas nilai *Rx Level* yang dikatakan baik (0 sampai -85 dbm), sedang (-95 sampai -85 dbm) dan jelek (-105 sampai -95 dbm). Nilai *Rx Qual* yang dikatakan baik (0 sampai 3), sedang (3 sampai 5) dan jelek (5 sampai 7). Nilai *SQI* yang dikatakan baik (0 sampai 2), sedang (2 sampai 3) dan jelek (3 sampai 5).

### C. PEMBAHASAN DAN HASIL PENELITIAN

#### 1. Analisis *Receive Signal Level (Rx Level)*, *Receive Signal Quality (Rx Qual)* dan *Speech Quality Index (SQI)* GSM 900 MHz dan 1800 MHz

Tabel 2 merupakan hasil analisis *Receive Signal Level (Rx Level)*, *Receive Signal Quality (Rx Qual)* dan *Speech Quality Index (SQI)* BTS Batang Marau GSM 900 MHz dan 1800 MHz :

**Tabel 2. Hasil analisis *Rx level*, *Rx Qual* dan *SQI* BTS Batang Marau (GSM 900 dan 1800)**

No	Waktu Pengukuran	GSM 900			GSM 1800		
		<i>Rx Level</i>	<i>Rx Qual</i>	<i>SQI</i>	<i>Rx Level</i>	<i>Rx Qual</i>	<i>SQI</i>
1	09.00	96,07%	97,25%	98,57%	98,99%	98,04%	99,22%
2	15.00	94,94%	96,52%	98,56%	98,45%	97,89%	98,67%
3	20.00	94,32%	95,83%	96,40%	97,05%	97,94	98,42%
Titik pengukuran		500m-1800m			500m-1800m		

Sumber : Hasil analisis data *Report Drive Test (Rx level, Rx Qual, SQI)* GSM 900 dan 1800

Berdasarkan pada Tabel 2, dapat dijelaskan bahwa GSM 1800 sudah memenuhi target KPI untuk *Rx Level* > 95%, *Rx Qual* > 94 % dan *SQI* > 93%. Maka berdasarkan hasil analisis *Rx Level*, *Rx Qual* dan *SQI*, disimpulkan bahwa *performance* dari BTS Batang Marau GSM 1800 sudah dalam keadaan baik. Pada GSM 900 hasil analisis *Rx Qual* dan *SQI* sudah memenuhi target KPI yakni *Rx Qual* > 94% dan *SQI* > 93%, sementara hasil analisis *Rx level* pada jam 09.00 sudah mencapai target KPI > 95%, jam 15.00 dan 20.00 masih belum mencapai target KPI < 95%, yang menandakan saat pengukuran menggunakan perangkat Tems

*Investigation* pada jarak  $\geq 1,8$  Km terdapat beberapa area yang *Rx Level*nya berkualitas jelek.

## 2. Analisis Radius BTS Batang Marau

Analisis radius (jarak pancar) BTS bertujuan untuk mengetahui seberapa besar jarak pancar maksimal BTS untuk jaringan GSM 900 dan 1800 melalui pengukuran menggunakan Tera Investigation. Dari data hasil pengukuran BTS Batang Marau GSM 900 dan 1800, berdasarkan hasil *plotting cell identy* didapat *Rx Level* GSM 900 pada jarak pancar  $>1,8$  Km sebesar  $-105$  dBm dan GSM 1800 pada jarak  $>2$  Km sebesar  $-98$  dBm. Hasil ini berhubungan dengan *Rx level* GSM 900 yang masih dibawah standar KPI yang di sebabkan oleh kurangnya daya pancar GSM 900 sehingga adanya area *blankspot* pada jarak  $\geq 1,8$  Km pada saat pengukuran menggunakan perangkat Tera Investigatio.

## 3. Analisis Peningkatan *Performance* Jaringan GSM 900

Analisis peningkatan *performance* dilakukan dengan metode perhitungan *power link budget* bertujuan untuk merencanakan daya pancar pada BTS. Berdasarkan hasil analisis peningkatan *performance* (perbaikan kerja) dengan metode perhitungan *power link budget*, maka diperoleh estimasi daya pancar baru BTS. Berdasarkan hasil analisis *power link budget*, maka daya pancar untuk menghasilkan jarak pancar 2,5 Km adalah  $38,38$  dBm dan *Rx Level* pada jarak 2,5 Km sebesar  $-69,3$  dBm.

#### 4. Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis sebelumnya, dapat disimpulkan hasil analisis secara keseluruhan dalam Tabel 3 berikut :

**Tabel 3. Hasil analisis *Rx level*, *Rx Qual* dan *SQI* BTS Batang Marau (GSM 900 dan 1800)**

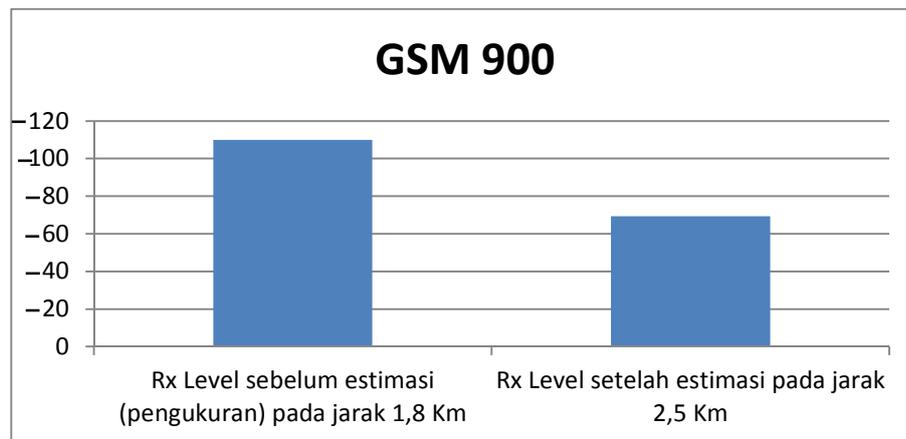
No	Waktu Pengukuran	GSM 900			GSM 1800		
		<i>Rx Level</i>	<i>Rx Qual</i>	<i>SQI</i>	<i>Rx Level</i>	<i>Rx Qual</i>	<i>SQI</i>
1	09.00	96,07%	97,25%	98,57%	98,99%	98,04%	99,22%
2	15.00	94,94%	96,52%	98,56%	98,45%	97,89%	98,67%
3	20.00	94,32%	95,83%	96,40%	97,05%	97,94	98,42%
Titik pengukuran		500m-1800m			500m-1800m		

Sumber : Hasil analisis data *Report Drive Test* (*Rx level*, *Rx Qual*, *SQI*) GSM 900 dan 1800

Berdasarkan pada Tabel 3, dapat dijelaskan bahwa GSM 1800 sudah memenuhi target KPI untuk *Rx Level* > 95%, *Rx Qual* > 94 % dan *SQI* > 93%. Maka berdasarkan hasil analisis *Rx Level*, *Rx Qual* dan *SQI*, disimpulkan bahwa *performance* dari BTS Batang Marau GSM 1800 sudah dalam keadaan baik. Pada GSM 900 hasil analisis *Rx Qual* dan *SQI* sudah memenuhi target KPI yakni *Rx Qual* > 94% dan *SQI* > 93%, sementara hasil analisis *Rx level* pada jam 09.00 sudah mencapai target KPI > 95%, jam 15.00 dan 20.00 masih belum mencapai target KPI > 95%, yang menandakan saat pengukuran pada jarak  $\geq 1,8$  Km menggunakan perangkat *Tems Investigation* terdapat beberapa area yang *Rx Level*nya berkualitas jelek. Mengacu kepada penjelasan sebelumnya, mengindikasikan adanya daerah yang *Level* sinyal terima (*Rx Level*) yang tidak memenuhi standar untuk melakukan panggilan telepon. Sehingga

pada kasus ini, yang menjadi permasalahannya adalah terjadinya *drop* pada panggilan (*drop call*).

Setelah dilakukan analisis peningkatan *performance* jaringan GSM 900 dengan metode perhitungan *Power Link Budget* yaitu dengan meng-estimasikan kenaikan daya pancar untuk BTS (GSM 900) agar dapat meminimalisir daerah *blankspot*. Berdasarkan hasil analisis dengan metode perhitungan *Power Link Budget* tersebut, dapat dilihat peningkatan *performance* jaringan GSM yang terlihat dari estimasi perubahan daya pancar BTS. Gambar 1 merupakan grafik estimasi *Rx level* sebelum dan estimasi sesudah peningkatan *performance* pada jaringan GSM.



**Gambar 1. Grafik Rx Level sebelum dan sesudah estimasi**

Gambar 1 menggambarkan perbandingan tingkat *Rx Level* sebelum dan sesudah estimasi peningkatan *performance*, dimana *Rx Level* sebelum estimasi -105 dBm (dikategorikan berkualitas jelek) pada jarak  $> 1,8$  Km dan *Rx level* setelah estimasi -69,3 dBm (dikategorikan berkualitas bagus) pada jarak  $\leq 2,5$  Km. Maka berdasarkan hasil analisis estimasi, disimpulkan bahwa jarak cakupan GSM 900 telah mengalami peningkatan dan hal ini

menunjang peningkatan performance GSM 900 BTS Batang Marau di tinjau dari perluasan cakupan BTS GSM 900 dan peningkatan kualitas *Rx Level*.

#### **D. SIMPULAN**

Berdasarkan analisis data dan pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil *ploting cell identy* didapat jarak pancar maksimal GSM 900  $\leq 1,8$  Km dan GSM 1800  $\leq 2$  Km. Hasil ini berhubungan dengan analisis *Rx level* GSM 900 yang masih dibawah standar KPI yang di sebabkan oleh kurangnya daya pancar GSM 900 sehingga adanya area *blankspot* pada jarak  $\geq 1,8$ , dimana penurunan *performance* terlihat pada GSM 900 yang hasil analisis *Rx Level*nya belum memenuhi standar KPI ( $> 95\%$ ).
2. Berdasarkan hasil analisis, GSM 1800 sudah memenuhi target KPI untuk *Rx Level*  $> 95\%$ , *Rx Qual*  $> 94\%$  dan *SQI*  $> 93\%$ . Maka berdasarkan hasil analisis *Rx Level*, *Rx Qual* dan *SQI*, disimpulkan bahwa *performance* dari BTS Batang Marau GSM 1800 sudah dalam keadaan baik. Pada GSM 900 hasil analisis *Rx Qual* dan *SQI* sudah memenuhi target KPI yakni *Rx Qual*  $> 94\%$  dan *SQI*  $> 93\%$ , sementara hasil analisis *Rx level* pada jam 09.00 sudah mencapai target KPI  $> 95\%$ , jam 15.00 dan 20.00 masih belum mencapai target KPI  $< 95\%$ , yang menandakan pada saat pengukuran menggunakan perangkat *Tems Investigation* terdapat beberapa area yang *Rx Level*nya berkualitas jelek.

3. Setelah dilakukan analisis peningkatan *performance* dengan metode perhitungan *power link budget* yaitu dengan menambah daya pancar BTS Batang Marau yang mengalami penurunan *performance*, BTS tersebut mengalami peningkatan *performance*. Hal ini terlihat dari hasil analisis estimasi *Rx Level* yang menunjukkan tingkat -69,3 dBm (berkualitas baik) pada jarak 2,5 Km.

**Catatan:** Artikel ini disusun berdasarkan skripsi penulis dengan Pembimbing I Delsina Faiza ST, MT dan Pembimbing II Yasdinul Huda S.Pd, MT

#### **Daftar Pustaka**

- Abdul Hafid Paronda. (2011). “ *Handover* dalam Komunikasi Bergerak Seluler.” Jurnal Kajian Teknologi (Vol 10, No 01).
- Fadhila Hani. (2011). “Analisis Redaman Serat Optik Terhadap Kinerja SKSO Menggunakan Metode *Link Power Budget* (Medan-Tebing Tinggi)”. Tugas Akhir Departemen Teknik Elektro, Program Pendidikan Sarjana Ekstensi, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.
- Gunawan, dkk. (2008). Konsep Teknologi Seluler. Bandung : Informatika Bandung.
- Mandorkawat (2009). Mengenal *Basic Concept* Teknologi GSM (*Global System for Mobile Communication*). (online)  
<http://mandorkawat2009.wordpress.com/2009/10/05/mengenal-basic-concept-teknologi-gsm-global-system-for-mobile-communication/>  
 diakses tanggal 25 Februari 2013.
- Moh. Nazir, Ph.D. (2011). Metode Penelitian. Bogor : Ghalia Indonesia.
- Nuraksa, Makodian, dan Lingga, Wardhana, 2010. Teknologi *Wireless Communication* dan *Wireless Broadband*. Yogyakarta : Andi Offset.
- Suaramerdeka (2013). Pelanggan Telkomsel Tembus 125 Juta. (online)  
<http://www.suaramerdeka.com/v1/index.php/read/news/2013/04/16/153227/Pelanggan-Telkomsel-Tembus-125-Juta> diakses tanggal 20 September 2013

Sukardi. (2003). Metodologi Penelitian Pendidikan. Jakarta: Bumi Aksara.

Teuku Yuliar Arif dan Hubbul Walidainy. (2010). “Analisa Kegagalan *Call* pada BTS Flexi di PT. Telkom Kandatel Banda Aceh.” Jurnal Rekayasa ElektriKa (Vol. 9, No. 1).

