

Analisis Performansi Teknologi Radio *Trunking* Digital

Studi Kasus PT Pelindo II Tanjung Priok Jakarta Utara

Arif Nur Hidayat¹, Uke Kurniawan Usman², Andes Indrayanto³

^{1,2} Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom Bandung
Jl. Telekomunikasi No. 1 Bojongsong Bandung
Telp. (022) 7564 108

³ PT Mobilkom Telekomindo Jakarta

Jl. Raden Saleh Raya No. 64-66 Cikini Jakarta Pusat 10330

E-mail : arifnurh@students.telkomuniversity.ac.id, ukeusman@telkomuniversity.ac.id, andes.indrayanto@mobilkom.co.id

Abstrak—Radio *trunking* merupakan sistem yang terdiri dari satu BTS (*base transceiver station*) atau lebih yang menggunakan beberapa frekuensi dimana terdapat pembagian kanal untuk komunikasi yang diatur oleh *control channel*. Terdapat dua aspek pembahasan performansi yaitu *coverage* yang terdiri dari RSSI (*receive strength signal indicator*), BER (*bit error rate*) dan DAQ (*delivered audio quality*) serta *capacity* yang berkaitan dengan kanal trafik. Berdasarkan data lapangan, RSSI *indoor* dan *outdoor* memenuhi standar ETSI (*european telecommunications standards institute*) sebesar -113 dbm maupun standar *hytera DMR* (*digital mobile radio*) sebesar -117.5 dbm namun terjadi *queuing call* (antrian) pada *waypoint* 454 RSSI *outdoor uplink*. Pada pengukuran BER terdapat selisih 2% antara BER data *sheet* dengan BER pengukuran. Pada penilaian DAQ, nilai yang didapatkan memenuhi standar DAQ sebesar 3.4. Penerapan 7 kanal trafik mengakomodasi trafik pada tanggal 7 oktober 2015. Berdasarkan data lapangan permasalahan BER tidak dapat diatasi karena keterbatasan perangkat sehingga analisis difokuskan pada permasalahan *queuing*. Penerapan 10 kanal trafik mampu mengakomodasi 5.285 *erlang* dengan trafik setiap *user* 0.050 *erlang* dimana *user* dapat melakukan 9 panggilan dengan durasi panggilan 21 s pada *busy hours*.

Kata kunci— Radio *Trunking*; DMR; Performansi

I. LATAR BELAKANG

Sistem radio *trunking* secara umum merupakan grup sistem yang terdiri dari satu BTS atau lebih yang menggunakan beberapa frekuensi sehingga memungkinkan pembagian kanal untuk komunikasi diantara grup-grup yang diatur oleh *Control Channel* [1]. Radio *trunking* dibagi menjadi dua yaitu radio *trunking* analog dengan data berupa sinyal analog serta radio *trunking* digital dengan data yang direpresentasikan dalam deretan bilangan biner nol atau satu. Dibandingkan teknologi seluler GSM, Radio *trunking* memiliki perbedaan dalam hal frekuensi kerja, *bandwidth*, perangkat, layanan serta keamanan. Dalam perkembangannya radio *trunking* banyak digunakan sebagai jenis komunikasi

Private Mobile Radio (PMR) oleh perusahaan maupun instansi pemerintahan.

Pada penelitian ini dilakukan analisis performansi teknologi radio *trunking* eksisting di Pelabuhan Tanjung Priok Jakarta Utara berdasarkan aspek *coverage* dan aspek *capacity*. Hasil akhir yang diharapkan berupa usulan perbaikan dari analisis performansi jaringan eksisting.

II. RADIO *TRUNKING*

Sistem radio *trunking* secara umum merupakan grup sistem yang terdiri dari satu BTS atau lebih yang menggunakan beberapa frekuensi sehingga memungkinkan pembagian kanal untuk komunikasi diantara grup-grup yang diatur oleh *Control Channel* [1]. Tujuan utama dari sistem radio *trunking* adalah memberikan efisiensi frekuensi melalui sistem pembagian frekuensi sehingga pengguna dapat menggunakan kanal yang kosong untuk diduduki.

Sistem radio *trunking* berbeda dengan sistem radio konvensional dimana pada radio konvensional kanal didedikasikan untuk setiap pengguna, sementara pada konsep radio *trunking* *resource* kanal dapat digunakan setiap pengguna asalkan kanal tersebut kosong.



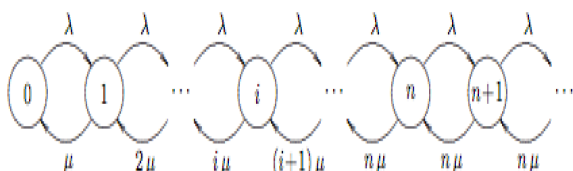
Gambar 1. Konsep Radio *Trunking* [2]

Pada Gambar 1 dijelaskan konsep radio *trunking* yang diibaratkan seperti sistem antrian karcis kereta api. Pada sistem antrian ini setiap pengantri dapat dilayani oleh setiap kasir asalkan kasir tersebut kosong. Hal ini berbeda dengan konsep radio konvensional dimana setiap kasir didedikasikan untuk tujuan tertentu [2].

III. DIGITAL MOBILE RADIO

Digital Mobile Radio (DMR) merupakan sistem internasional berstandar terbuka yang dikeluarkan oleh ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*). Pada tahun 2005 standar DMR diratifikasi sehingga memberikan keuntungan yang lebih banyak dibandingkan sistem analog atau sistem digital lainnya. DMR menggunakan *Time Division Multiple Access* (TDMA) sehingga menghemat penggunaan frekuensi. Terdapat tiga *tier* teknologi DMR yaitu *tier* pertama dan *tier* kedua merupakan DMR konvensional sedangkan *tier* ketiga merupakan DMR *full trunking* [3].

IV. TEORI TRAFIK ERLANG C



Gambar 2. Diagram Transisi Erlang C [4]

Trafik Erlang C pada awalnya didefinisikan oleh dua variabel yaitu jumlah beban (A) dan jumlah panggilan N [4]. Pada Gambar 2 dijelaskan bahwa trafik bersumber dari laju kedatangan (τ) panggilan dan laju pelayanan (μ). Distribusi trafik Erlang C memiliki beberapa karakteristik :

- Sumber panggilan tak terbatas
- Kedatangan panggilan bersifat acak
- Sistem kerja *Blocked Calls Delayed*
- Waktu pendudukan bersifat eksponensial

V. PARAMETER COVERAGE

Pada radio *trunking* terdapat tiga parameter yang dijadikan acuan optimasi *coverage* yaitu *Receive Signal Strength Indicator* (RSSI), *Bit Error Rate* (BER) serta *Speech Quality* menggunakan standar *Delivered Audio Quality* (DAQ). RSSI merupakan parameter kekuatan sinyal yang diterima oleh antenna penerima setelah melalui suatu medium. BER merupakan parameter kualitas *link* komunikasi dari *transmitter* ke *receiver* sementara DAQ merupakan standar pengukuran kualitas suara dengan pendekatan *user experience*.

a) *Receive Signal Strength Indicator* (RSSI)

RSSI merupakan parameter yang digunakan untuk menilai *coverage* jaringan radio *trunking*. Terdapat beberapa hal yang mempengaruhi RSSI jaringan *wireless* diantaranya *output power transmitter*, sensitivitas penerima, penguatan antenna, *path loss* serta atenuasi sinyal selama melalui media udara. RSSI dinyatakan dalam satuan decibels (dB) dengan tanda negatif. Berikut merupakan perhitungan RSSI:

$$RSSI_{dBw} = IRL_{dBw} + rec\ gain_{dB} - rec\ loss_{dB} \quad (1)$$

Keterangan:

- RSSI = Kekuatan sinyal (dBw)
- IRL = *Isotropic Receiver Level* (dBw)
- Rec. ant.gain = *Gain* penerima (dB)
- Rec. trans. line losses = *Loss* penerima (dB)

TABEL I. THRESHOLD RSSI DMR

Frekuensi Band	Default Threshold Level (dBm)
50 MHz - 137 MHz	-101
> 137 MHz - 300 MHz	-107
> 300 MHz	-113

b) *Bit Error Rate* (BER)

Bit Error Rate (BER) merupakan parameter kualitas link komunikasi pada sistem komunikasi digital yang didefinisikan jumlah *error* yang terjadi selama n pengiriman data. BER merupakan karakteristik utama pada jenis komunikasi digital yang berbasis bit-bit.

Pada setiap jenis modulasi terdapat persyaratan BER yang berbeda-beda. Nilai BER sangat dipengaruhi oleh E_b/N_0 yang digunakan, semakin bagus E_b/N_0 maka BER yang dihasilkan semakin bagus. Gambar 2.14 merupakan grafik perbandingan BER dan E_b/N_0 pada koheren M-FSK ($M=2^k$) yang menjelaskan bahwa semakin kecil BER maka E_b/N_0 yang dibutuhkan semakin besar.

Pada modulasi M-FSK probabilitas *error symbol* dirumuskan sebagai berikut:

$$P_e = (M - 1)Q \left(\sqrt{\frac{(\log_2 M) E_b}{N_0}} \right) \quad (2)$$

Keterangan:

- P_e = Probabilitas *Error*
- $M = 2^k$
- E_b/N_0 = Energi bit / Noise (dB)

Sementara nilai E_b/N_0 berguna mendapatkan nilai C/N. Berikut Rumus perhitungan C/N:

$$\frac{C}{N} = \frac{E_b}{N_0} + \frac{R}{BW} - CG + MI \quad (3)$$

Keterangan:

- C/N = Nilai *Carrier to Noise* (dB)
- E_b/N_0 = Energi *carrier* yang diterima setiap bit (dB)
- R = *Data rate* transmisi yang diinginkan (Mbps)
- BW = *Bandwidth* yang digunakan (MHz)
- CG = *Coding gain* (dB)
- MI = *Margin implementasi* (umumnya 3-5 dB)

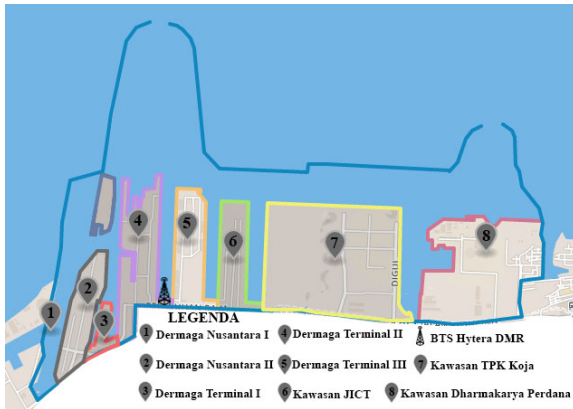
c) *Delivered Audio Quality* (DAQ)

Pengukuran kualitas suara merupakan hal yang penting pada teknologi radio *trunking* digital, pengukuran ini dilakukan menggunakan standar *Delivered Audio Quality* (DAQ) [5] (Vanderau, 1998) yang nilainya berkisar dari 1- 5. Perhitungan DAQ didapatkan dari hasil konversi nilai *Perceptual Evaluation of Speech Quality* (PESQ) berdasarkan standar ITU-T P 862 (Pociluyko, 2009) dimana penilaian PESQ dilakukan menggunakan *software* Matlab R2008a.

VI. PARAMETER KAPASITAS

Pada teknologi radio *trunking* Hytera DMR setiap *carrier* harus memiliki *control channel* untuk signaling dan *voice channel* untuk layanan *voice*. Hytera DMR menggunakan 2-*timeslot* serta 1 *control channel*. Hubungan jumlah *carrier* dan jumlah *voice channel* dapat dirumuskan bahwa jumlah *voice channel* merupakan jumlah *carrier* dikalikan 2 dikurangi 1 dimana 2 merupakan 2-*timeslot* sementara 1 merupakan 1 *control channel*.

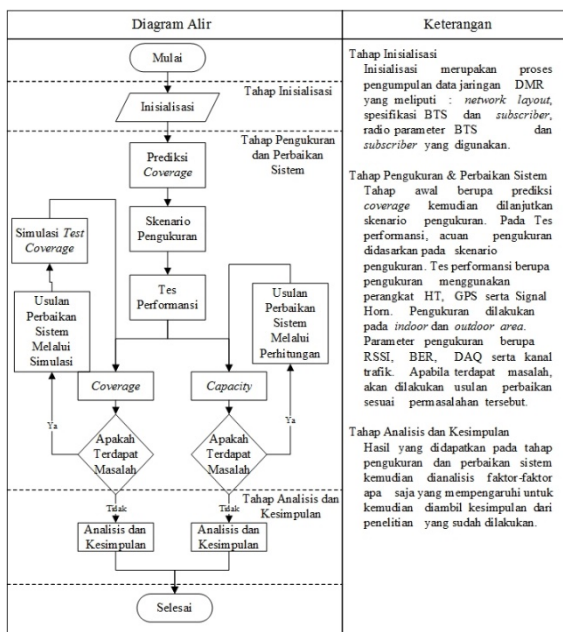
VII. PROFIL WILAYAH PT PELINDO II



Gambar 3. Wilayah PT Pelindo II [2]

Pengukuran data lapangan dilakukan disekitar kawasan PT Pelindo II seperti dijelaskan pada Gambar 3.

Diagram Alir Penelitian



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

Terdapat 3 tahap penyelesaian penelitian seperti di Gambar 4 yaitu tahap inisialisasi, tahap pengukuran dan perbaikan sistem serta tahap analisis dan kesimpulan. Tahap inisialisasi berupa pengumpulan data yang dibutuhkan

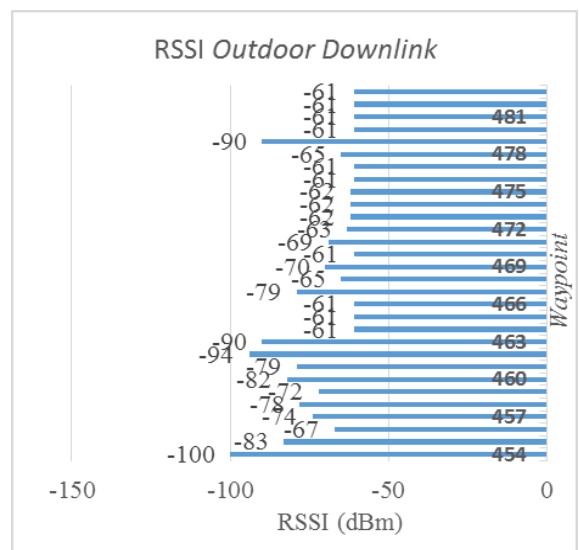
untuk menunjang pengambilan data lapangan. Tahap pengukuran dan perbaikan sistem berupa pengukuran data lapangan serta perbaikan terhadap permasalahan yang terjadi di lapangan. Tahap analisis dan kesimpulan berupa analisis data perbaikan performansi.

VIII. ANALISA DATA LAPANGAN



Gambar 5. Pengambilan Sampel RSSI Outdoor

Gambar 5 merupakan data pengambilan sampel RSSI Outdoor disekitar kawasan Pelabuhan Tanjung Priok baik di kawasan operasional Pelindo II maupun diluar kawasan operasional Pelindo II sejumlah 30 sampel data.



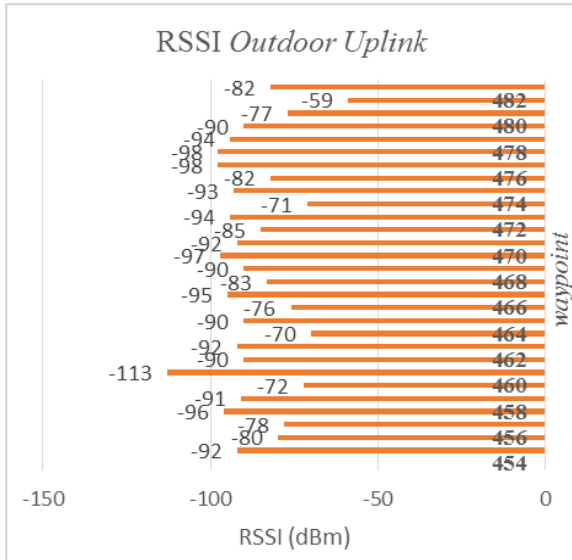
Gambar 6. RSSI Outdoor Downlink

Pengukuran RSSI *outdoor downlink* berdasarkan Gambar 6 sudah memenuhi nilai maksimal RSSI yang dipersyaratkan ETSI maupun Hytera DMR yaitu maksimal sebesar -113 dBm dan -117.5 dBm. Pada Gambar 4 rata-rata RSSI -70.53 dBm dengan RSSI terendah -100 dBm terjadi pada *waypoint* 454.

TABEL II. RSSI OUTDOOR DOWNLINK

No	Waypoint	RSSI (dBm)	No	Waypoint	RSSI (dBm)
1	454	-100	16	469	-70
2	455	-83	17	470	-61

No	Waypoint	RSSI (dBm)	No	Waypoint	RSSI (dBm)
3	456	-67	18	471	-69
4	457	-74	19	472	-63
5	458	-78	20	473	-62
6	459	-72	21	474	-62
7	460	-82	22	475	-62
8	461	-79	23	476	-61
9	462	-94	24	477	-61
10	463	-90	25	478	-65
11	464	-61	26	479	-90
12	465	-61	27	480	-61
13	466	-61	28	481	-61
14	467	-79	29	482	-61
15	468	-65	30	483	-61

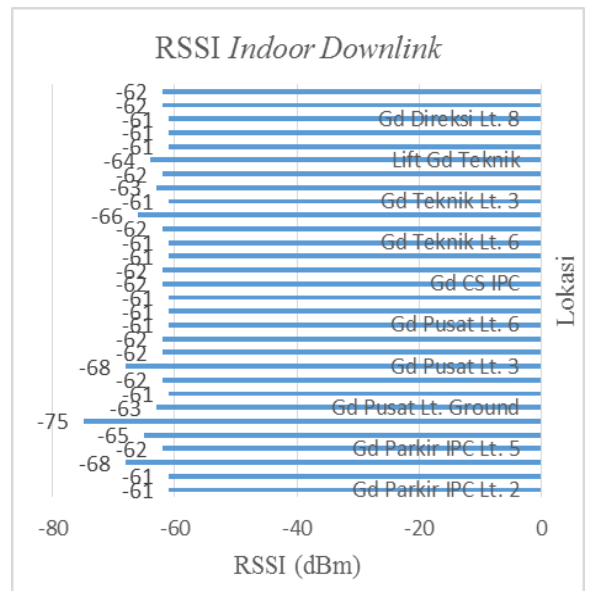


Gambar 7. RSSI Outdoor Uplink

Pada Gambar 7, rata-rata RSSI -86.89 dBm dengan RSSI. Pada Gambar 5 tidak terdapat nilai RSSI pada waypoint 454 dikarenakan terjadi masalah *queuing*. *Queuing* terjadi ketika *user* diharuskan mengantri saat melakukan panggilan pada *busy hours* dikarenakan kanal trafik penuh.

TABEL III. RSSI OUTDOOR UPLINK

No	Waypoint	RSSI (dBm)	No	Waypoint	RSSI (dBm)
1	454		16	469	-90
2	455	-92	17	470	-97
3	456	-80	18	471	-92
4	457	-78	19	472	-85
5	458	-96	20	473	-94
6	459	-91	21	474	-71
7	460	-72	22	475	-93
8	461	-113	23	476	-82
9	462	-90	24	477	-98
10	463	-92	25	478	-98
11	464	-70	26	479	-94
12	465	-90	27	480	-90
13	466	-76	28	481	-77
14	467	-95	29	482	-59
15	468	-83	30	483	-82

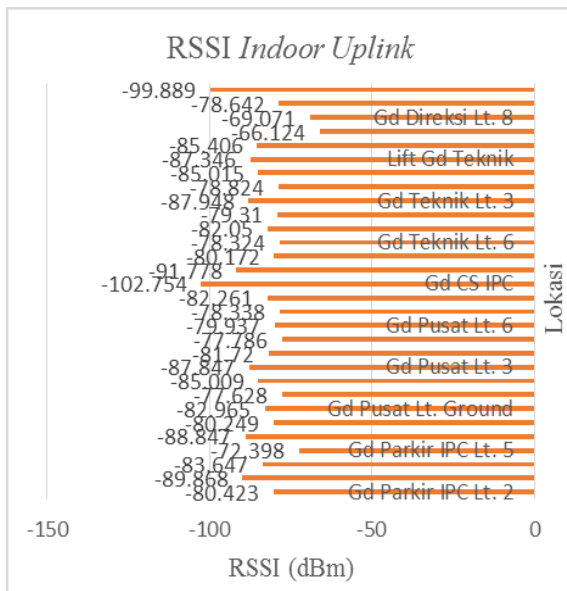


Gambar 8. RSSI Indoor Downlink

Pengukuran RSSI *indoor downlink* berdasarkan Gambar 8 sudah memenuhi nilai maksimal RSSI yang dipersyaratkan ETSI maupun Hytera DMR yaitu maksimal sebesar -113 dBm dan -117.5 dBm. Pada Gambar 8 rata-rata RSSI -62.8 dBm dengan nilai terendah -75 dBm.

TABEL IV. RSSI INDOOR DOWNLINK

No	Lokasi	RSSI (dBm)	No	Lokasi	RSSI (dBm)
1	Gd. Parkir IPC Lt. 2	-61	16	Gd. CS IPC	-62
2	Gd. Parkir IPC Lt. 3	-61	17	Gd. CS IPC Lt. 2	-62
3	Gd. Parkir IPC Lt. 4	-68	18	Gd. Teknik Lt. 7	61
4	Gd. Parkir IPC Lt. 5	-62	19	Gd. Teknik Lt. 6	-61
5	Gd. Parkir IPC Lt. 1	-65	20	Gd. Teknik Lt. 5	-62
6	Masjid IPC	-75	21	Gd. Teknik Lt. 4	-66
7	Gd. Pusat Lt Ground	-63	22	Gd. Teknik Lt. 3	-61
8	Gd. Pusat Lt. 1	-61	23	Gd. Teknik Lt. 2	-63
9	Gd. Pusat Lt. 2	-62	24	Gd. Teknik Lt. 1	-62
10	Gd. Pusat Lt. 3	-68	25	Lift Gd. Teknik	-64
11	Gd. Pusat Lt. 4	-62	26	Gd. Direksi Lt. 1	-61
12	Gd. Pusat Lt. 5	-62	27	Gd. Direksi Lt. 7	-61
13	Gd. Pusat Lt. 6	-61	28	Gd. Direksi Lt. 8	-61
14	Gd. Pusat Lt. 7	-61	29	Gd. Direksi Lt. 9	-62
15	Gd. Pusat Lt. 8	-61	30	Lift Gd. Parkiran	-62

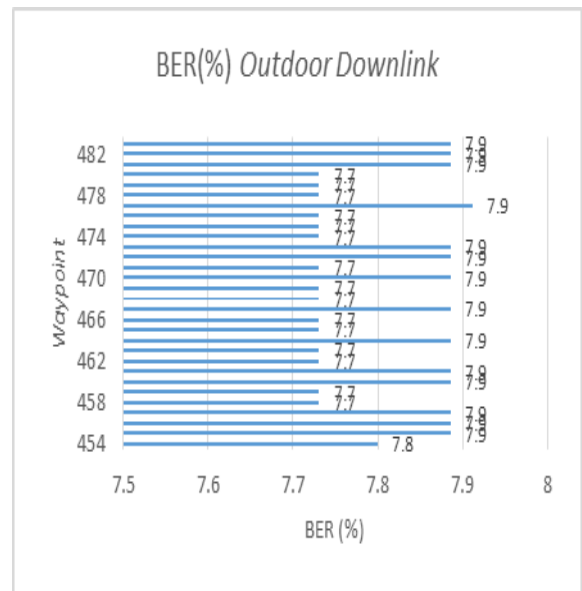


Gambar 9. RSSI Indoor Uplink

Pengukuran RSSI *indoor uplink* berdasarkan Gambar 9 sudah memenuhi nilai maksimal RSSI yang dipersyaratkan ETSI maupun Hytera DMR yaitu maksimal sebesar -113 dBm dan -117.5 dBm. Pada Gambar 9 rata-rata RSSI -82.71 dBm dengan nilai terendah -102.754 dBm

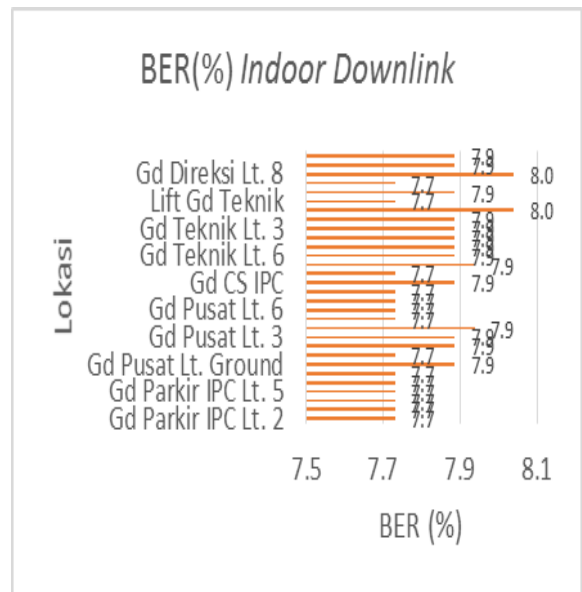
TABEL V. RSSI INDOOR UPLINK

No	Lokasi	RSSI (dBm)	No	Lokasi	RSSI (dBm)
1	Gd. Parkir IPC Lt. 2	-80.4	16	Gd. CS IPC	-102.7
2	Gd. Parkir IPC Lt. 3	-89.8	17	Gd. CS IPC Lt. 2	-91.7
3	Gd. Parkir IPC Lt. 4	-83.6	18	Gd. Teknik Lt. 7	-80.1
4	Gd. Parkir IPC Lt. 5	-72.3	19	Gd. Teknik Lt. 6	-78.3
5	Gd. Parkir IPC Lt. 1	-88.8	20	Gd. Teknik Lt. 5	-82
6	Masjid IPC	-80.2	21	Gd. Teknik Lt. 4	-79.3
7	Gd. Pusat Lt Ground	-82.9	22	Gd. Teknik Lt. 3	-87.9
8	Gd. Pusat Lt. 1	-77.6	23	Gd. Teknik Lt. 2	-78.8
9	Gd. Pusat Lt. 2	-85	24	Gd. Teknik Lt. 1	-85
10	Gd. Pusat Lt. 3	-87.8	25	Lift Gd. Teknik	-87.3
11	Gd. Pusat Lt. 4	-81.7	26	Gd. Direksi Lt. 1	-85.4
12	Gd. Pusat Lt. 5	-77.7	27	Gd. Direksi Lt. 7	-66.1
13	Gd. Pusat Lt. 6	-79.9	28	Gd. Direksi Lt. 8	-69
14	Gd. Pusat Lt. 7	-78.3	29	Gd. Direksi Lt. 9	-78.6
15	Gd. Pusat Lt. 8	-82.2	30	Lift Gd. Parkiran	-99.8



Gambar 10. BER Outdoor Downlink

Pada Gambar 10 ditampilkan data nilai BER pada kondisi *outdoor* untuk arah *downlink*. Dari grafik tersebut didapatkan rata-rata nilai BER pengukuran pada kondisi *outdoor* sebesar 7.8065%. Berdasarkan *data sheet* perangkat Hytera PD 788 G nilai BER yang dipersyaratkan sebesar 5% namun dari hasil pengukuran nilai BER yang didapatkan sebesar 7% dimana terdapat selisih 2% BER. Hal ini tentu menjadi permasalahan yang perlu diperbaiki



Gambar 11. BER Indoor Downlink

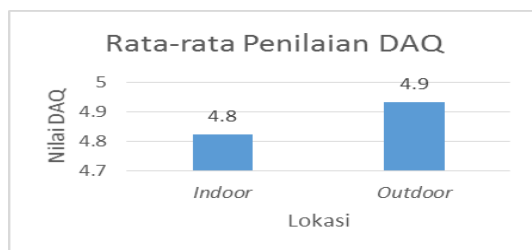
Pada Gambar 11 ditunjukkan data nilai BER pada kondisi *indoor* untuk arah *downlink*. Dari grafik tersebut didapatkan rata-rata nilai BER pada kondisi *indoor* sebesar 7.82%. Ditinjau dari *data sheet* perangkat Hytera PD 788 G nilai BER yang dipersyaratkan sebesar 5% namun dari hasil pengukuran nilai BER yang didapatkan sebesar 7% dimana terdapat selisih 2% BER. Hal ini merupakan masalah yang perlu diperbaiki.

TABEL VI. BER *OUTDOOR DOWNLINK*

No	Waypoint	BER (%)	No	Waypoint	BER (%)
1	454	7.8	16	469	7.7
2	455	7.8	17	470	7.8
3	456	7.8	18	471	7.7
4	457	7.8	19	472	7.8
5	458	7.7	20	473	7.8
6	459	7.7	21	474	7.7
7	460	7.8	22	475	7.7
8	461	7.8	23	476	7.7
9	462	7.7	24	477	7.9
10	463	7.7	25	478	7.7
11	464	7.8	26	479	7.7
12	465	7.7	27	480	7.7
13	466	7.7	28	481	7.8
14	467	7.8	29	482	7.8
15	468	7.7	30	483	7.8

TABEL VII. BER *INDOOR DOWNLINK*

No	Lokasi	BER (%)	No	Lokasi	BER (%)
1	Gd. Parkir IPC Lt. 2	7.7	16	Gd. CS IPC	7.8
2	Gd. Parkir IPC Lt. 3	7.7	17	Gd. CS IPC Lt. 2	7.7
3	Gd. Parkir IPC Lt. 4	7.7	18	Gd. Teknik Lt. 7	7.9
4	Gd. Parkir IPC Lt. 5	7.7	19	Gd. Teknik Lt. 6	7.8
5	Gd. Parkir IPC Lt. 1	7.7	20	Gd. Teknik Lt. 5	7.8
6	Masjid IPC	7.7	21	Gd. Teknik Lt. 4	7.8
7	Gd. Pusat Lt. Ground	7.8	22	Gd. Teknik Lt. 3	7.8
8	Gd. Pusat Lt. 1	7.7	23	Gd. Teknik Lt. 2	7.8
9	Gd. Pusat Lt. 2	7.8	24	Gd. Teknik Lt. 1	8
10	Gd. Pusat Lt. 3	7.8	25	Lift Gd. Teknik	7.7
11	Gd. Pusat Lt. 4	7.9	26	Gd. Direksi Lt. 1	7.8
12	Gd. Pusat Lt. 5	7.7	27	Gd. Direksi Lt. 7	7.7
13	Gd. Pusat Lt. 6	7.7	28	Gd. Direksi Lt. 8	8
14	Gd. Pusat Lt. 7	7.7	29	Gd. Direksi Lt. 9	7.8
15	Gd. Pusat Lt. 8	7.7	30	Lift Gd. Parkiran	7.8



Gambar 12. Penilaian DAQ

Pada Gambar 12 didapatkan penilaian DAQ pada *indoor* dan *outdoor*. Berdasarkan data yang didapatkan nilai DAQ *indoor* dan *outdoor* sangat baik dikarenakan rata-rata DAQ *indoor* sebesar 4.8 sementara rata-rata DAQ *outdoor* sebesar 4.9 sehingga kualitas suara dapat didengar dengan baik.

TABEL VIII. PENILAIAN DAQ *OUTDOOR*

No	Waypoint	Nilai DAQ	No	Waypoint	Nilai DAQ
1	452	5	16	469	4.9
2	453	4.8	17	470	5
3	455	4.8	18	471	4.9
4	456	4.9	19	472	5
5	457	4.5	20	473	5
6	458	5	21	474	5
7	459	5	22	475	5
8	460	5	23	476	5
9	462	5	24	477	5
10	463	5	25	478	5
11	464	5	26	479	5
12	465	5	27	480	4.9
13	466	4.7	28	481	5
14	467	4.8	29	482	5
15	468	4.9	30	483	4.8

TABEL IX. PENILAIAN DAQ *INDOOR*

No	Lokasi	Nilai DAQ	No	Lokasi	Nilai DAQ
1	Gd. Parkiran Lt. 3	5	15	Gd. Teknik Lt. 7	5
2	Gd. Parkiran Lt. 4	4.9	16	Gd. Teknik Lt. 6	5
3	Gd. Parkiran Lt. 5	5	17	Gd. Teknik Lt. 5	4.8
4	Gd. Parkiran Lt. 1	5	18	Gd. Teknik Lt. 4	4.9
5	Masjid IPC	4.4	19	Gd. Teknik Lt. 3	5
6	Gd. Pusat IPC Lt. 2	5	20	Gd. Teknik Lt. 2	5
7	Gd. Pusat IPC Lt. 3	4	21	Gd. Teknik Lt. 1	5
8	Gd. Pusat IPC Lt. 4	4.6	22	Lift Gd. Teknik	5
9	Gd. Pusat IPC Lt. 5	4.4	23	Gd. Direksi Lt. 1	5
10	Gd. Pusat IPC Lt. 6	4.7	24	Gd. Direksi Lt. 7	5
11	Gd. Pusat IPC Lt. 7	4.8	25	Gd. Direksi Lt. 8	4.7
12	Gd. Pusat IPC Lt. 8	4.6	26	Gd. Direksi Lt. 9	5
13	Gd. CS IPC Lt. 2	4.8			
14	Gd. CS IPC Lt. 2	4.8			

Berdasarkan pengamatan trafik pada tanggal 7 Oktober 2015 didapatkan data pengukuran sebagai berikut :

- Jumlah *user*: 104 *user*
- Jumlah panggilan pada *busy hours*: 430 panggilan
- Grade of Service* : 5%
- Rata-rata durasi panggilan : 21 s
 - $Average\ call\ user = \frac{430}{104} = 4.13$ panggilan
 - $Traffic\ user\ pada\ busy\ hours = \frac{4.13 \times 21}{3600} = 0.024$ Erlang
 - Total *traffic* pada *busy hours* = $0.024 \times 104 = 2.508$ Erlang

Berdasarkan Tabel Erlang C, didapatkan bahwa total trafik 2.508 Erlang dibutuhkan 6 kanal trafik untuk GOS 5%.

Berdasarkan data lapangan, sudah diimplementasikan 7 kanal trafik sehingga hasil pengamatan trafik pada tanggal 7 Oktober 2015 sudah sesuai dengan kebutuhan trafik pada hari tersebut.

IX. ANALISIS PERFORMANSI

Hasil performansi data lapangan menunjukkan terdapat permasalahan BER dan *Queueing*. Pada perbaikan BER, hal ini tidak dapat dilakukan karena tidak terdapat perangkat *Com Analyzer* digital sehingga pada bagian ini fokus pembahasan lebih ditujukan pada permasalahan *queueing*.

Agar permasalahan *queueing* dapat diminimalisir maka perlu dilakukan pengamatan terhadap pemakaian kanal trafik harian PT Pelindo II. Dari data pengamatan harian kemudian dihitung menggunakan formula Erlang C untuk mendapatkan jumlah kanal ideal agar permasalahan *queueing* dapat diminimalisir.

TABEL X. PENGAMATAN TRAFIK BTS HYTERA

No	Tanggal	Call Durati on	Call Total	Trafik Erlang	Channel
1	10/1/2015	20 s	589	3.27	8
2	10/2/2015	21 s	315	1.83	5
3	10/3/2015	20 s	402	2.23	6
4	10/4/2015	20 s	436	2.42	6
5	10/5/2015	21 s	560	3.26	8
6	10/6/2015	22 s	597	3.64	8
7	10/7/2015	21 s	430	2.5	6
8	10/8/2015	21 s	646	3.76	8
9	10/9/2015	19 s	181	0.95	4
10	10/10/2015	21 s	203	1.18	5
11	10/11/2015	21 s	272	1.58	5
12	10/12/2015	19 s	485	2.55	7
13	10/13/2015	20 s	834	4.63	10
14	10/14/2015	22 s	640	3.91	9
15	10/15/2015	20 s	522	2.9	7

Berdasarkan Tabel 10, didapatkan data jumlah minimal kanal trafik sebanyak 4 kanal sedangkan jumlah maksimal kanal sebanyak 10 kanal sementara rata-rata jumlah kanal sebanyak 7 kanal. Pada implementasi dilapangan sudah diterapkan 7 kanal trafik namun permasalahan *queueing* perlu mempertimbangkan kebutuhan 10 kanal trafik yang didapat dari Tabel tersebut agar permasalahan *queueing* dapat diminimalisir.

Penerapan 10 kanal trafik memberikan perbaikan pada beberapa hal seperti jumlah total trafik yang dapat dilayani, jumlah trafik yang dibangkitkan setiap *user* serta jumlah panggilan yang dapat dilakukan pada *busy hours*. Berdasarkan perhitungan Erlang C didapatkan jumlah total trafik yang dapat dilayani sebesar 5.285 Erlang, jumlah trafik yang dibangkitkan setiap *user* sebesar 0.050 Erlang sementara estimasi panggilan *user* sebesar 9 panggilan.

X. KESIMPULAN

(a). Berdasarkan pengukuran RSSI baik menggunakan standar ETSI dimana nilai RSSI yang dipersyaratkan sebesar -113 dBm maupun berdasarkan standar Hytera dimana RSSI yang dipersyaratkan sebesar -117.5 dBm semua sampel pengukuran RSSI sudah memenuhi persyaratan.

- Permasalahan RSSI yang tidak terdeteksi pada *waypoint* 454 berhubungan dengan permasalahan *queueing*.
- (b). Berdasarkan pengukuran BER, nilai BER sebesar 7% tidak sesuai dengan *release* perangkat. Terdapat selisih 2% BER antara data pengukuran dan data spesifikasi perangkat. Nilai BER dipengaruhi beberapa faktor seperti ketepatan modulasi, *noise* pada kanal. Perbaikan BER tidak dapat dilakukan dikarenakan keterbatasan perangkat pengujian.
- (c). Berdasarkan pengukuran kualitas suara menggunakan parameter DAQ, rata-rata DAQ pada *indoor* sebesar 4.8 sudah baik, pada *outdoor* sebesar 4.93 sudah baik.
- (d). Berdasarkan perhitungan kanal trafik pada hari H pengukuran, 7 kanal trafik mampu mengakomodasi trafik komunikasi pada hari tersebut.
- (e). Berdasarkan usulan penerapan kanal trafik baru, penerapan 10 kanal trafik mampu mengakomodasi trafik sebesar 5.285 Erlang dimana masing-masing *user* membangkitkan 0.050 Erlang dengan rata-rata durasi panggilan sebesar 21 s dimana *user* dapat melakukan 9 panggilan selama *busy hours*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Trunked Radio System. (2015, 24 November Selasa). Diambil dari RadioReference : <http://wiki.radioreference.com/index.php/Trunking>
- [2]. PT Mobilkom Telkomindo. (2015). *Data Jaringan DMR PT Pelindo 2 Tanjung Priok*. Jakarta.
- [3]. DMR Association. (2015, 24 November Selasa). *The DMR Standard*. Diambil dari DMR: <http://staging.dmrassociation.org/the-dmr-standard/>
- [4]. Chromy, E., Misuth, T., & Kavacky, M. (2011). *Erlang C Formula And Its Use In The Call Centers*. Information And Communication Technologies And Services.
- [5]. Vnderau, J. M. (1998). *Delivered Audio Quality Measurement on Project 25 Land Mobile Radios*. Omaha: NTIA Report 99-358.