

ANALISA DAN PERENCANAAN RADIO TRUNKING DIGITAL PADA UPTD PEMADAM KEBAKARAN UNTUK WILAYAH DKI JAKARTA

Harry Andiko Pratama¹, Dr., Ir. Heroe Wijanto, MT², Kris Sujatmoko ST., MT³

^{1,2,3} Fakultas Teknik Elektro Universitas Telkom, Bandung

¹ harryandiko@gmail.com, ² heroewijanto@gmail.com, ³ krs@ittelkom.ac.id

ABSTRAK

Radio Trunking Digital adalah salah satu teknologi telekomunikasi *wireless* digital yang distandarkan oleh badan standardisasi eropa yaitu *European Telecommunication Standard Institute* (ETSI). Radio trunking digital diciptakan untuk memenuhi kebutuhan jaringan telekomunikasi *wireless* khusus. Di Negara eropa, teknologi ini ditujukan untuk keperluan militer, kepolisian, bandara, perusahaan pertambangan dan perusahaan transportasi. Tetra dapat melayani layanan *voice* dan *data*.

Salah satu hasil pengerjaan tugas akhir ini adalah jumlah *base station* yang diperlukan untuk mengcover dan menampung permintaan trafik yang dibuthkan oleh Unit Pelaksana Teknis (UPTD) Pemadam Kebakaran di wilayah DKI Jakarta. Untuk mendapatkan jumlah sel yang paling optimum, digunakan dua buah metode yaitu *Planning Base on Capacity* dan metode *Planning Base on Coverage*. Metode *planning Base on capacity* adalah metode *planning* yang menitikberatkan pada kemampuan suatu site untuk melayani penggunaan kanal trafik. Sedangkan *planning base on coverage* adalah suatu metode *planning* yang menitikberatkan kemampuan site untuk mengcover suatu lokasi yang diukur berdasarkan parameter-parameter radio. Setelah dilakukan perencanaan dengan kedua metode tersebut kemudian hasilnya dibandingkan dan selanjutnya ditentukan berapa jumlah site yang paling optimum untuk mengcover dan menampung penggunaan saluran di daerah tersebut. Untuk menyelesaikan permasalahan diatas, parameter yang harus diperhatikan adalah, sensitifitas penerima, *Free Space Loss*, MAPL, *traffic* tiap pelanggan, jumlah pelanggan, luas wilayah dan EIRP.

Hasil pengerjaan tugas akhir ini adalah jumlah *base station* yang diperlukan untuk mengcover area Wilayah DKI Jakarta serta dapat menampung permintaan trafik dari pengguna. Pada skenario 1, dibutuhkan 6 *site* dengan lokasi *plotting* pada Sudin dan pos pemadam agar memudahkan *monitoring* dan *controlling*. Pada skenario ini dihasilkan sinyal terima paling rendah sebesar -95 dBm, *number of server* pada *overlapping zone* sebesar 4 *server* dan *Bit of Error Rate* sebesar $0 \leq BER < 0,09$. Pada sisi *backhaul*, dari 6 link yang direncanakan terdapat 1 *link* yg mengalami pelemahan sinyal terima sebesar 0,4. Pada skenario 2, dibutuhkan 5 *site* dengan lokasi *plotting* pada Sudin, pos pemadam serta lokasi lain yang strategis. Skenario menghasilkan sinyal terima paling rendah sebesar -95 dBm, *number of server* pada *overlapping zone* sebesar 4 *server* serta *Bit of Error Rate* sebesar $0 \leq BER < 0,09$. Pada sisi *backhaul*, semua link yang direncanakan memenuhi batas *clearance* dan tidak mengalami pelemahan sinyal terima.

Kata Kunci : Radio Trunking Digital, *planning based on coverage, planning based on capacity* Atoll

ABSTRACT

Digital Trunked Radio is a digital wireless technology standardized by the European standardization bodies, namely the European Telecommunication Standard Institute (ETSI). Digital trunking radio was created to meet the special needs of wireless telecommunications networks. In European countries, this technology is intended for military, police, airports, mining and transport companies. Tetra can serve voice and data services.

One of the results of this final project is the number of base stations required to cover and accommodate traffic demand dibuthkan by the Technical Implementation Unit (UPTD) Fire in Jakarta area. To get the most optimum number of cells, used two methods: Planning Base on Capacity and Coverage on Base Planning methods. Base on capacity planning method is a method of planning that focuses on the ability of a site to serve the use of traffic channel. While planning base on coverage is a method of planning that focuses kemampuan site to cover a location based on the parameters measured radio. Once the planning is done by the two methods are then compared and the results are then determined how many of the most optimum site to cover and accommodate the use of the channel in the area. To complete per-masalahan above, the parameters that must be considered is, the sensitivity of the receiver, Free Space Loss, MAPL, traffic per customer, customer number, area and EIRP.

The results of this final project is the number of base stations needed to cover the area of the Jakarta area and can accommodate traffic demand of the user. In SKE-nario 1, it takes 6 site with plotting locations on the sub and postal department to facilitate monitoring and Controlling. In this scenario the lowest received signal generated by -95 dBm, number of servers in the overlapping zone of 4 server and Bit Error Rate of $0 \leq BER < 0.09$. On the backhaul side, from a planned 6 links are one link that had received a signal attenuation of

0.4. In scenario 2, it takes 5 sites by plotting the location of the sub, the postal department as well as other locations that strategis. Skenario produce a signal received at -95 dBm lowest, number of servers on overlapping zone by 4 server and Bit Error Rate of $0 < BER < 0.09$. On the backhaul side, all links are planned to meet the clearance limit and not having received the signal attenuation

Key Word : Radio Trunking Digital, planning based on coverage, planning based on capacity Atoll

Standar TETRA

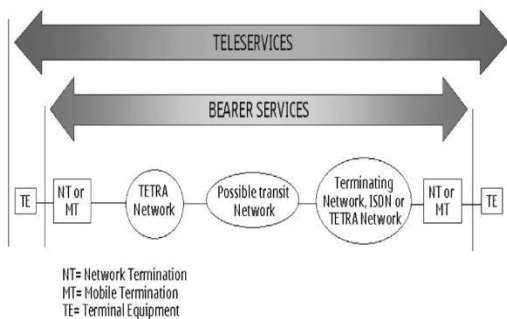
Standar Terrestrial Trunked Radio (TETRA) adalah standar terbuka radio trunking digital yang ditetapkan oleh European Telecommunications

Institute (ETSI) untuk menjawab kebutuhan komunikasi antar pengguna Private Mobile Radio (PMR) dengan Public Access Mobile Radio (PAMR). Standarisasi TETRA dimulai oleh ETSI pada tahun 1988. Standarisasi TETRA rilis 1 hampir selesai dan telah mencapai persetujuan 100% dari semua Administrasi Eropa. Standar TETRA kini sudah ditetapkan diberbagai penjuru dunia. Saat ini standar TETRA telah diadopsi

secara formal di China seluruh Eropa dan di Timur Tengah, Asia, Australia, Amerika Selatan dan Afrika Selatan.

Layanan TETRA

Standar TETRA mendefinisikan ada tiga jenis layanan yaitu : *bearer services*, *teleservice* dan *supplementary service*. Gambar 2.1 yang ada dibawah ini mengilustrasikan berbagai macam layanan yang ada pada tetra.



Gambar 2.1 Layanan TETRA

Bearer service menyediakan kemampuan komunikasi antara antarmuka jaringan terminal, termasuk fungsi terminal.

Teleservice memberikan kemampuan lengkap termasuk fungsi terminal untuk komunikasi antara pengguna. Dengan demikian di samping atribut lapisan bawah juga termasuk atribut lapisan tinggi (lapisan 4 sampai 7). *Teleservice* ini termasuk suara yang jelas atau suara yang dienkrpsi di masing-masing jenis panggilan sebagai berikut:

- Individual call (point-to-point)
- Group call (point-to-multipoint)
- Acknowledged group call
- Broadcast call (point-to-multipoint one way)

Sebuah layanan tambahan atau *supplementary service* memodifikasi *bearer service* atau *teleservice*. Jenis layanan yang termasuk *supplementary service* adalah :

- Akses prioritas
- panggilan prioritas
- *Call authorised by despatcher, ambience listening, discreet listening*
- *Area selection*
- *Short number addressing*
- *Talking party identification*
- *Dynamic group number assignment*

Elemen Jaringan TETRA

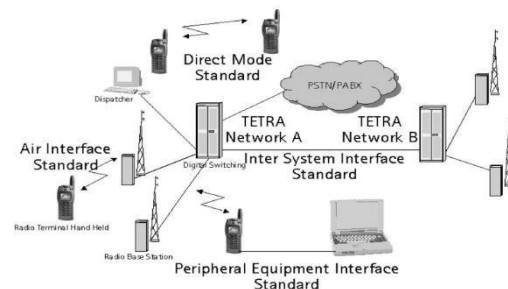
Standar tetra mendeskripsikan bahwa jaringan tetra terdiri dari elemen berikut, yaitu :

- *Mobile station (MS)*
- *Switching and management infrastructure (SwMI)*

Berikut ini adalah elemen-elemen jaringan TETRA:

- *Radio terminal/ Mobile station*
- *Radio base station*
- *Digital switch*
- *Dispatcher workstation*

Mobile station digunakan oleh pelanggan untuk mendapatkan layanan dari jaringan. Tugas utamanya adalah untuk menjamin kinerja pelayanan yang terbaik bagi pengguna. Ketika MS diaktifkan, proses *cell selection* dan *cell reselecton* terjadi.



Gambar 2.2 Arsitektur TETRA

SwMI adalah jantung dari sistem dan berisi hierarki lapisan yang lebih tinggi dalam jaringan. Hal ini terutama didedikasikan untuk pengelolaan sumber daya jaringan secara keseluruhan dan mensinkronisasikan sistem. Fungsi SwMI digital yang paling penting adalah sebagai berikut:

- Fungsi kontrol panggilan
- Manajemen pelanggan
- Mobilitas manajemen

- Pengelolaan saluran radio
- Manajemen *base station* TETRA
- *Signalling*

Berikut ini adalah fungsi dari *base station* TETRA:

- Menyediakan antarmuka udara antara infrastruktur *switching* dan manajemen dan terminal radio
- Konversi dari sinyal *base band* digital berasal dari saklar digital untuk band RF

Workstation dispatcher melakukan kontrol dan mengawasi komunikasi di lapangan dan fungsi manajemen seperti manajemen dan administrasi kelompok pelanggan.

Lapis Fisik

Kanal fisik / *air interface* pada TETRA dibedakan berdasarkan frekuensi dan setiap frekuensi dipartisi dalam waktu. Dengan keadaan yang seperti ini maka *multiple access* pada TETRA adalah FDMA dan TDMA. *Base station* dan *mobile station* berkomunikasi dalam duplex. Sehingga kita mengalokasikan kanal frekuensi untuk *uplink* dan *downlink*. Satu pasang frekuensi untuk setiap sel dicadangkan untuk *main control channel* (MCCH). Setiap frekuensi dibagi menjadi empat *timeslots*, hal ini memungkinkan terjadi empat komunikasi secara simultan.

Lebar spasi antar *carrier* adalah 25 kHz dan modulasi adalah $\pi / 4$ DQPSK (*Diferensial Quadrature Phase Shift Keying*) sehingga menghasilkan bitrate transmisi kotor sebesar 36 kbps. Gambar 2.4 menunjukkan konstelasi modulasi yang relevan. Efisiensi *bandwidth* TETRA sangat tinggi yaitu

$$\frac{36kbps}{25kHz} = 1.44bps / Hz \quad (2.1)$$

Pita frekuensi yang distandarisasi oleh CEPT untuk TETRA adalah sebagai berikut :

- 380–390 MHz and 390–400 MHz
- 410–420 MHz and 420–430 MHz
- 450–460 MHz and 460–470 MHz
- 806–824 MHz and 851–869 MHz

Perencanaan jaringan radio

Perencanaan jaringan radio bisa kita mulai dengan beberapa tahapan sebagai berikut, yaitu:

1. Penentuan daerah coverage
2. Penentuan kelas daya output *base station*.
3. Penentuan *loss feeder, combiner* dan *filter*
4. Pemilihan Jenis antenna
5. Menghitung Power Link Budget
6. Menentukan jari-jari sel

Untuk menentukan jari-jari sel digunakan model propagasi Okumura-Hatta.. Berikut ini merupakan rumus propagasi Okumura-Hatta

$$L_{50}(\text{urban,d})(\text{dB}) = 69.55 + 26.16 \log f_c - 13.82 \log h_{re} - a(h_{re}) \quad (2.2)$$

$$L_{50}(\text{rural,d})(\text{dB}) = L_{50}(\text{urban,d}) - 4.78 \log f_c^2 - 18.33 \log f_c - 40,98 \quad (2.3)$$

$$L_{50}(\text{suburban,d})(\text{dB}) = L_{50}(\text{urban,d}) - 2 [\log f_c / 28]^2 - 5.4$$

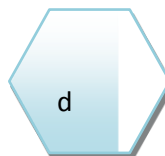
Dimana

$$a(h_{re}) = 3.2 [\log 11.75 h_{re}]^2 - 4.97 \quad \text{untuk } f_c > 300 \text{ MHz} \quad (2.5)$$

$$a(h_{re}) = 8.29 [\log 1.54 h_{re}]^2 - 1.1 \quad \text{untuk } f_c \leq 300 \text{ MHz} \quad (2.6)$$

6. Menentukan Jumlah *Base station*.

Jumlah *base station* dapat kita tentukan setelah kita mendapatkan jari-jari sel. Luas sel dapat kita hitung dengan rumus (Omnidirectional) :

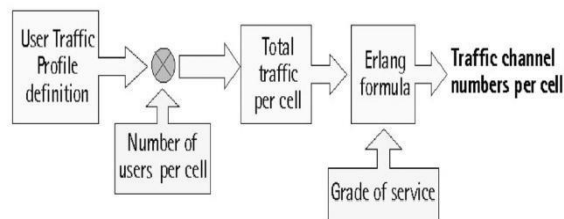


$$L = 2,6 d^2 \quad (2.7)$$

Setelah diperoleh luas *base station*, langkah selanjutnya adalah menentukan *base station* yang dibutuhkan dengan cara membagi wilayah perencanaan dengan luas cakupan 1 *base station*

Perencanaan Kapasitas TETRA

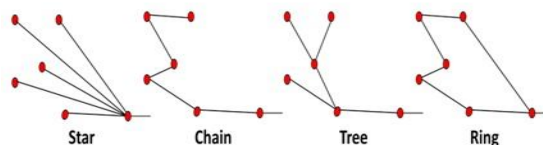
Diagram alir dibawah ini merupakan alur perencanaan kapasitas jaringan. Pada perencanaan ini, akan diestimasi jumlah kanal trafik dan jumlah kanal untuk handover



Gambar 2. 3 Proses estimasi jumlah kanal trafik.

Topologi Backhaul

Backhaul yang digunakan dalam suatu perancangan memiliki beberapa topologi jaringan, seperti *ring, star, dan mesh*. Pada perancangan jaringan *backhaul* untuk jaringan TETRA ini digunakan topologi *ring*. Hal ini disebabkan karena topologi *ring* memiliki efisiensi *link* apabila ada suatu *link* yang rusak dan topologi *ring* juga merupakan topologi yang paling banyak digunakan untuk perencanaan jaringan *backhaul*.



Gambar 2. 4 Topologi Jaringan Backhaul

$$+ (44.9 - 6.55 \log h_{te}) \log d \quad (2.2)$$

Perhitungan Propagasi

Untuk menentukan tinggi antenna dibutuhkan beberapa parameter seperti tinggi permukaan, jari-jari kelengkungan bumi dan jari-jari *freshnell*.

1. Tinggi permukaan

Tinggi antenna dapat diperoleh dari suatu nilai parameter kelengkungan bumi, tinggi bukit (*obstacle*) antara pengirim dan penerima, dan jari-jari *fresnel* yang akan digunakan. Berikut adalah persamaan yang dapat menggambarkan nilai dari tinggi antenna:

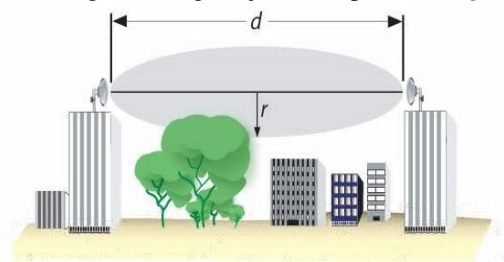
$$H_{tot} = H + H_c + R \tag{2.8}$$

Nilai dari H atau faktor dari kelengkungan bumi didapat dari persamaan

$$\frac{H}{R} = \dots \tag{2.9}$$

2. Freshnel Zone

Fresnel zone adalah daerah pada suatu lintasan pada suatu transmisi gelombang yang digambarkan berbentuk *elips* dan menunjukkan interferensi gelombang RF jika terdapat *blocking*.



Gambar 2.5 Fresnel Zone

Nilai nilai jari-jari *fresnel zone* dapat diperoleh dari persamaan (2.11) :

$$R = 17.3 \times \sqrt{\frac{n \times d1 \times d2}{(d1 + d2) \times F}} \tag{2.10}$$

$$H_{tot} = \frac{((h1 + hx) \times d1) + ((h2 + hx) \times d2)}{d1 + d2} \tag{2.11}$$

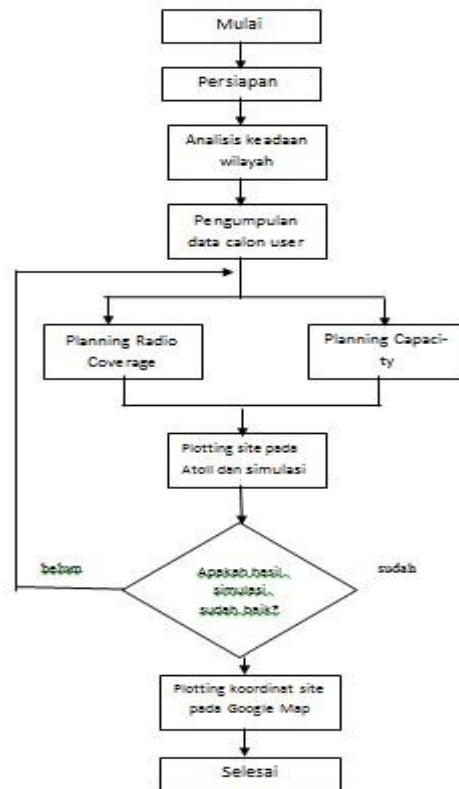
Dengan menggunakan persamaan aljabar matematika dari persamaan (2.11) dapat diperoleh nilai tinggi antenna (hx) yang diperlukan untuk merancang suatu jaringan *backhaul*.

Frekuensi

Frekuensi yang digunakan pada perencanaan *backhaul* untuk mendukung jaringan TETRA di DKI Jakarta adalah 7 Ghz

Perencanaan Jaringan TETRA

Perencanaan jaringan TETRA akan dilakukan untuk UPTD Pemadam Kebakaran di wilayah DKI Jakarta. Berikut ini merupakan diagram alir perencanaan jaringannya



Gambar 3.1 Diagram alir perencanaan jaringan TETRA

Pemilihan Kelas Base Station

Pada dasar teori dijelaskan bahwa ada 10 (sepuluh) kelas. Dalam studi kasus kali ini *base station* yang digunakan adalah Motorola MTS4.

Loss Kabel

Untuk menghubungkan *Base Station* (BS) dengan antenna akan digunakan kabel. Kabel yang akan digunakan adalah kabel coaxial 7/8 inch RF-9913 dengan *loss* 2,6 dB per 100 meter untuk frekuensi 400 MHz. Ketinggian tower rata-rata yang akan digunakan adalah 50 m. Sehingga untuk instalasi saluran hingga ke perangkat dibutuhkan kabel sekitar 60 meter

Jenis Antena yang digunakan

Pada studi kasus kali ini, antenna yang akan digunakan adalah antenna *kathrein* 400 10218V01 yang bekerja pada frekuensi 380 – 400 MHz dengan spesifikasi sebagai berikut

Tabel 3.2 Spesifikasi Antena Kathrein

Specifications:	
Frequency range	380–400 MHz
Gain	8 dBi
Impedance	50 ohms
VSWR	< 1.5:1
Intermodulation (2x20w)	IM3: < -150 dBc
Polarization	Vertical
Maximum input power	500 watts (at 50°C)
H-plane beamwidth	Omni
E-plane beamwidth	14 degrees (half power)
Electrical downtilt	5 degrees
Connector	7-16 DIN female
Weight	18.7 lb (8.5 kg)
Height	129.2 inches (3282 mm)
Radome diameter	2 inches (51 mm)
Wind load	at 93 mph (150kph) 52 lbf / 230 N
Wind survival rating*	110 mph (180 kph)
Shipping dimensions	139.8 x 5.8 x 4.4 inches (3550 x 148 x 112 mm)
Shipping weight	23.1 lb (10.5 kg)
Mounting	For masts of 2 to 3.7 inch (50 to 94 mm) OD.

Sensitifitas Rx

Berikut ini merupakan daftar daya minimum yang dapat diterima oleh penerima menurut penelitian perusahaan aeroflex

Tabel 3.3 Rx Sensitivity

	BS	MS
Mobile	-106 dBm	-103 dBm
Static	- 115 dBm	-112 dBm

Perhitungan Power Link Budget

Perhitungan radio link budget bertujuan untuk menentukan nilai MAPL (Maximum Allowed Path Loss). Tabel berikut ini menjelaskan perhitungan radio link budget

Tabel 3.4 Radio link budget

	Downlink	Uplink	Unit	Formula
PTX power	44	35	dBm	A
TX Cable and Filter Loss	2,6	0	dB	B
Tx Antenna Gain	8	0	dBi	C
Peak Effective Isotropic Radiated Power	49,4	35	dBi	D = A - B + C
Signal Level at RX Antenna	-103	-106	dBm	E
Propagation Loss RX Antenna gain	152,4	141	dB	F= D-E
Rx Cable Loss	0	2,6	dB	H
Receiver Input Power	152,4	146,4	dBm	F + G - H

Dari perhitungan diatas, diperoleh MAPL arah downlink dengan nilai 152,4dB dan MAPL arah uplink dengan nilai 146,4 dB.

Menentukan Radius Site

Pada tugas akhir ini digunakan model propagasi okumura hatta dengan beberapa asumsi yaitu:

- Tinggi Antenna : 50 meter
- Tinggi Penerima : 2 meter
- Frekuensi kerja : 400 MHz

Berikut ini adalah rumus Okumura-Hatta untuk daerah urban

$$L_{50}(\text{urban},d)(\text{dB}) = 69.55 + 26.16 \log f_c - 13.82 \log h_{te} - a(h_{re}) + (44.9 - 6.55 \log h_{te}) \log d$$

Dengan $a(h_{re}) = 3.2 [\log 11.75 h_{re}]^2 - 4.97$

Berikut ini adalah proses perhitungan Pada rumus

$$1. \text{ Downlink}$$

$$a(h_{re}) = 3.2 [\log 11.75 h_{re}]^2 - 4.97$$

$$= 1,045 \text{ dB}$$

$$152,4 = 69.55 + 26.16 \log 400 - 13.82 \log 50 - 1,045 + (44.9 - 6.55 \log 50) \log d$$

$$\text{Log } d = 1,164$$

$$D = 14,588 \text{ Km}$$

Berdasarkan penjelasan diatas, radius maksimum untuk arah downlink yang mampu dicakup oleh sebuah base station adalah 14,588 Km.

$$2. \text{ Uplink}$$

$$a(h_{re}) = 3.2 [\log 11.75 h_{re}]^2 - 4.97$$

$$= 1,045 \text{ dB}$$

$$141 = 69.55 + 26.16 \log 400 - 13.82 \log 50 - 1,045 + (44.9 - 6.55 \log 50) \log d$$

$$\text{Log } d = 0,826$$

$$D = 6,703 \text{ Km}$$

Berdasarkan penjelasan diatas, radius maksimum untuk arah uplink yang mampu dicakup oleh sebuah base station adalah 6,703 Km

Perhitungan Jumlah Base Station

Luas daerah yang akan menjadi objek studi

adalah 662.33 Km Untuk setiap site pada

perencanaan ini menggunakan antena omnidirectional. Sehingga luas cakupan tiap site adalah

$$1. \text{ Downlink}$$

$$L = 2,6 \cdot d^2$$

Okumura-Hatta

$$L = 2,6 \times 14,588^2$$

$$L = 553,3 \text{Km}^2$$

Cakupan sebuah site di DKI Jakarta adalah 553,3 Km², sehingga untuk arah downlink DKI Jakarta membutuhkan $662,33 : 553,3 = 1,19$ site atau mendekati 2 buah site.

2. Uplink

$$L = 2,6 \cdot d^2$$

$$L = 2,6 \times 6,703^2$$

$$L = 116,82 \text{Km}^2$$

Cakupan sebuah site di DKI Jakarta adalah 116,82 Km², sehingga untuk arah uplink DKI Jakarta membutuhkan $662,33 : 116,82 = 5,6$ site atau mendekati 6 buah site

Pengguna Jaringan TETRA

Calon pengguna jaringan TETRA pada tugas akhir ini adalah UPTD Pemadam kebakaran di wilayah DKI Jakarta. Jumlah Petugas Pemadam kebakaran sebanyak 3750 orang dan armada sebanyak 285 unit

Estimasi Jumlah Kanal

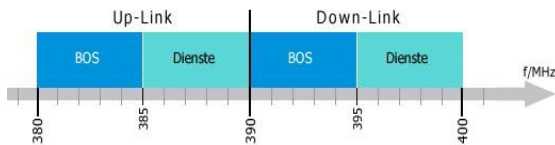
Setiap pelanggan TETRA diasumsikan menduduki kanal sebesar 2 mE pada tiap jam sibuk dengan GOS adalah 2%. Hal ini berdasarkan kajian mengenai analisis trafik TETRA di Lower Mainland of British Columbia. Dari data yang diperoleh, jumlah pengguna di

Jakarta pada tahun 2014 adalah 4035 . Berikut ini adalah proses estimasi jumlah kanal.

- a. Permintaan trafik
 $4035 \times 2 \text{ mE} = 8,07 \text{ erlang}$
- b. Estimasi jumlah kanal yang diperlukan
 Untuk menghitung jumlah kanal yang diperlukan, dibutuhkan bantuan tabel erlang B. Sehingga jumlah kanal yang dibutuhkan adalah 14 kanal. Di asumsikan untuk daerah Jakarta tiap site terdapat 3 TRx, artinya tiap site memiliki 12 kanal suara. Sehingga DKI Jakarta memerlukan $14 : 12 = 1,166$ site atau bisa diimplementasikan 2 buah site.

Perencanaan Frekuensi Radio

Frekuensi yang akan digunakan untuk radio trunking digital adalah 380-390 MHz untuk arah uplink dan 390-400 untuk arah downlink. Frekuensi yang dialokasikan untuk yaitu sebesar 10 MHz. Sehingga jumlah kanal yang tersedia adalah $10 \text{ MHz} : 25 \text{ KHz} = 400$ Kanal



Gambar 3.6 PengkalanTETRA

Perencanaan Lokasi Site

Perencanaan lokasi site bertujuan agar jumlah site yang dibutuhkan berdasarkan perhitungan mampu mencakup kebutuhan komunikasi radio trunking digital UPTD Pemadam Kebakaran DKI Jakarta secara coverage maupun capacity. Dalam perencanaan lokasi site ini akan digunakan 2 skenario

Skenario 1 merupakan penempatan site yang direncanakan akan ditempatkan pada Suku dinas (sudin) atau pos pemadam kebakaran di wilayah kerja UPTD Pemadam Kebakaran DKI Jakarta.

Skenario 2 merupakan penempatan site yang direncanakan akan ditempatkan secara merata di wilayah kerja UPTD pemadam kebakaran DKI Jakarta.

Skenario 1

1. Perhitungan Tinggi Antena

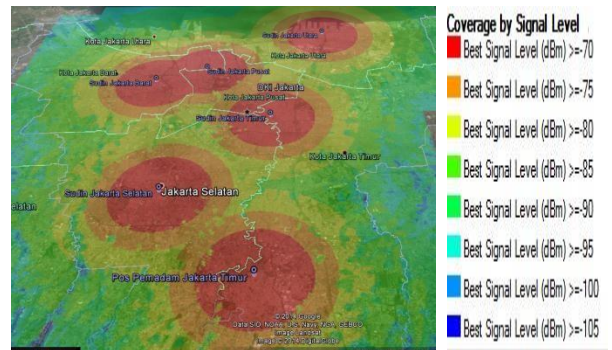
Tabel 3.5 Tinggi antena skenario 1

Input					H Total *	H antena (TX/R X)*
Link		d1	d2	h1		
Jakarta Barat	Jakarta Selatan	11,6	1,9	20	62,61	15,402
Jakarta Pusat	Jakarta Utara	1,5	8,3	19	30,10	11,261

Jakarta Selatan	Pos Pemadam Jaktim	7	1,9	37	4	58,04	17,854
Jakarta Timur	Jakarta Utara	0,5	10,75	20,5	9,5	26,33	6,805
Pos Pemadam Jaktim	Jakarta Timur	0,5	11,7	37	1,4	44,87	8,817
Jakarta Barat	Jakarta Pusat	2	1,5	11	8	18,23	8,946

Ket: * pembulatan ke atas

2. Kondisi daerah berdasarkan kualitas signal level
 Pada perencanaan di lakukan estimasi sinyal terima paling rendah sebesar -106 dBm sesuai dengan spesifikasi perangkat yang digunakan . Dari hasil simulasi diperoleh hasil sebagai berikut

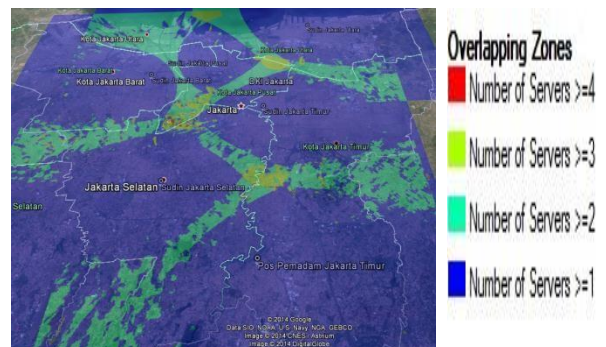


Gambar 4.1 Kondisi Signal level skenario 1

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa dari hasil simulasi diperoleh hasil bahwa level sinyal terima paling rendah di DKI Jakarta yaitu sebesar -95 dBm. Namun, tidak semua daerah DKI Jakarta dapat dicakup dengan sinyal terima ini. Pada sisi kiri dan kanan DKI Jakarta terdapat daerah yang tidak bisa di jangkau oleh sinyal yang dipancarkan oleh transmitter se luas 0,72 km x 7 km dan 2,03 km x 1,38 km . Dari hasil ini dapat diperoleh kesimpulan bahwa berdasarkan level sinyal terima perencanaan ini tidak layak untuk di implementasikan

3. Kondisi daerah berdasarkan Overlapping Zone

Pada simulasi ini menunjukkan daerah yang memiliki sel yang saling beririsan satu sama lain.. Jika terlalu banyak daerah yang beririsan memungkinkan daerah tersebut rawan terjadi pingpong hand over yang mengakibatkan terjadinya dropcall. Sebaliknya jika tidak ada sama sekali daerah yang overlap terutama dibagian tepi sel akan mengakibatkan handover failure.

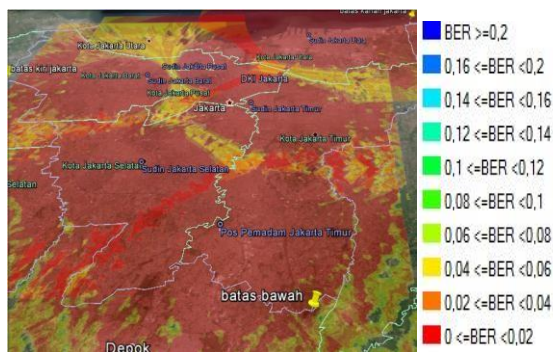


Gambar 4.2 Kondisi overlapping zone skenario 1

Gambar 4.2 menunjukkan daerah yang saling *overlap*. Dari hasil simulasi maksimal ada 4 sel yang saling *overlapping*, namun luas daerah tersebut relatif kecil. Berdasarkan data statistik diperoleh bahwa jumlah server rata-rata sebesar 1,18. Hal ini berarti daerah perencanaan berada dalam kondisi yang baik. Dari hal tersebut dapat diperoleh kesimpulan bahwa perencanaan berdasarkan overlapping zone pada skenario 1 layak untuk dilakukan.

4. Kondisi Daerah berdasarkan BER

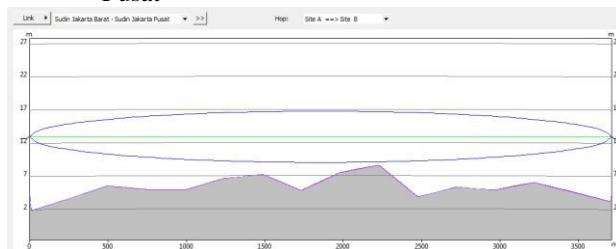
Kondisi BER pada suatu daerah merupakan perbandingan jumlah bit yang gagal dengan total bit yang dikirimkan atau ditransmisikan



Gambar 4.3 Kondisi BER skenario 1

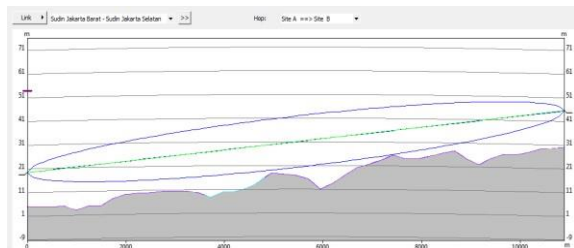
5. Fresnell Zone

a. Link Sudin Jakarta Barat- Sudin Jakarta Pusat



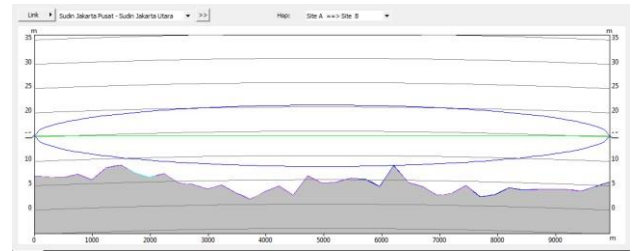
Gambar 4.4 Fresnell Zone Sudin Jakarta Barat – Sudin Jakarta Pusat

b. Link Sudin Jakarta Barat –Sudin Jakarta Selatan



Gambar 4.5 Fresnell Zone Sudin Jakarta Barat – Sudin Jakarta Selatan

c. Link Sudin Jakarta Pusat – Sudin Jakarta Utara



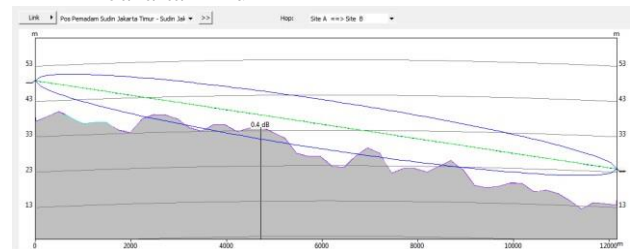
Gambar 4.6 Fresnell Zone Sudin Jakarta Pusat – Sudin Jakarta Utara

d. Link Sudin Jakarta Selatan – Pos pemadam pasar rebo



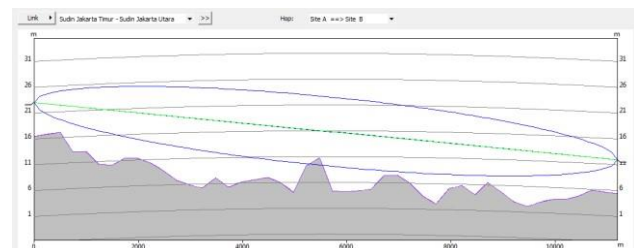
Gambar 4.7 Fresnell Zone Sudin Jakarta Pusat- Pos Pemadam Pasar Rebo

e. Link Pos pemadam pasar rebo- Sudin Jakarta Timur



Gambar 4.8 Fresnell Zone Pos Pemadam Pasar Rebo – Sudin Jakarta Timur

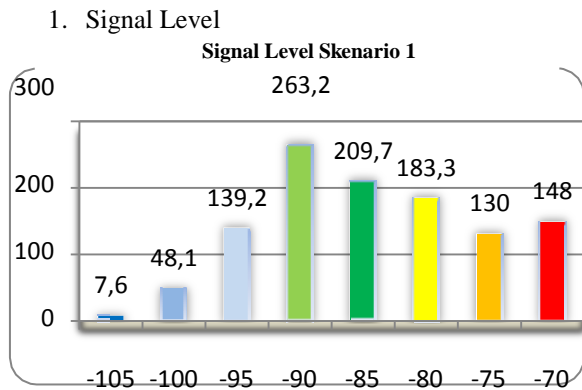
f. Link Sudin Jakarta Timur – Sudin Jakarta Utara



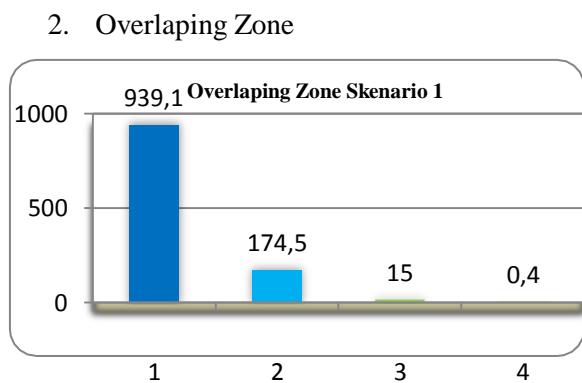
Gambar 4.9 Fresnell Zone Sudin Jakarta Timur – Sudin Jakarta Utara

6. Data Statistik Hasil Perencanaan

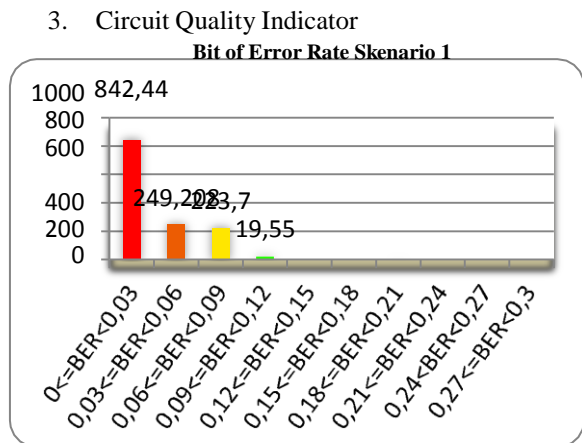
Pada bagian ini akan dipaparkan hasil perencanaan untuk seluruh daerah . Berikut ini merupakan pemaparannya.



Gambar 4.10 Data statistik signal level skenario 1



Gambar 4.11 Data statistik overlapping zone skenario 1



Gambar 4.12 Data statistik overlapping zone skenario 1

Skenario 2

Pada skenario 2 akan dilakukan perencanaan *backhaul* dengan lokasi penempatan site secara merata di wilayah kerja UPTD pemadam kebakaran DKI Jakarta

1. Perhitungan tinggi antenna

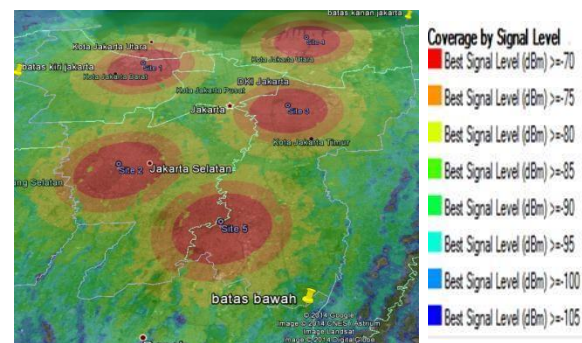
Tabel 3.6 Tinggi antenna skenario 2

Link	Input				H total	H antenna (TX/R X)
	d1	d2	h 1	h2		

Site 1	Site 2	12,2	0,6	2	39	50,60	12,516
Site 1	Site 4	5,65	8,1	6	18,5	36,64	19,614
Site 3	Site 5	10,7	2,0	1	33	53,88	23,128
Site 4	Site 3	9,25	1,2	0	27	36,39	10,201
Site 5	Site 2	1,5	5	8	28	57,01	20,641

2. Kondisi Daerah Berdasarkan Signal Level

Pada perencanaan di lakukan estimasi sinyal terima paling rendah sebesar -106 dBm untuk wilayah kerja UPTD pemadam kebakaran DKI Jakarta. Dari hasil simulasi diperoleh hasil sebagai berikut



Gambar 4.13 Kondisi signal level skenario 2

Dari gambar 4.13 diketahui bahwa seluruh daerah kerja UPTD pemadam kebakaran DKI

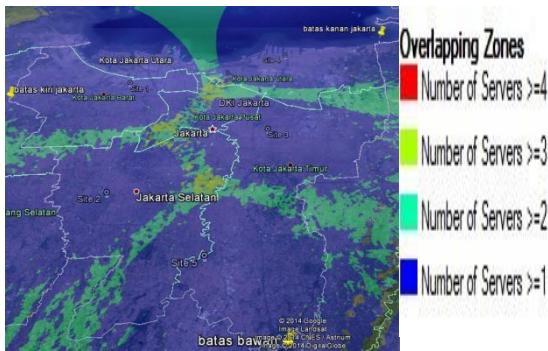
Jakarta dapat di cakup oleh sinyal yang dipancarkan oleh *transmitter* dengan level sinyal terima minimum sebesar -95 dBm yang ditandai dengan wilayah berwarna biru muda. Hal ini diperoleh dengan cara menempatkan setiap *site* pada posisi strategis dengan mempertimbangkan luas cakupan *site* berdasarkan perhitungan pada BAB III. Dari hasil ini dapat diperoleh kesimpulan bahwa perencanaan berdasarkan signal level layak untuk di implementasikan di Wilayah kerja UPTD pemadam kebakaran DKI Jakarta karena level sinyal terima minimum memenuhi standar *receiver sensitifity* perangkat yang digunakan pada perencanaan ini.

3. Kondisi Daerah Berdasarkan Overlapping Zone

Simulasi berikut ini akan menunjukkan daerah yang memiliki sel yang saling beririsan satu sama lain. Jika terlalu banyak daerah yang beririsan memungkinkan daerah tersebut rawan terjadi *pingpong hand over* yang mengakibatkan terjadinya *dropcall*. Sebaliknya

jika tidak ada sama sekali daerah yang *overlap*, terutama dibagian tepi sel akan mengakibatkan

handover failure. Sehingga komposisi daerah overlap harus seimbang, tidak boleh terlalu sedikit dan tidak boleh terlalu banyak

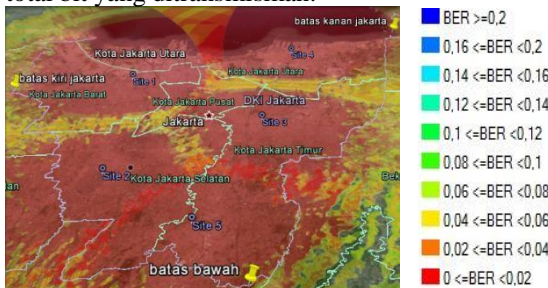


Gambar 4.14 Kondisi overlapping zone skenario 2

Gambar 4.14 menunjukkan daerah yang saling overlapping. Dari hasil simulasi diketahui bahwa maksimal ada 3 sel yang saling overlapping dengan luas yang relatif kecil. Berdasarkan data statistik diketahui bahwa rata-rata overlapping zone untuk skenario 2 sebesar 1,19 yang berarti setiap daerah dilayani oleh 1 hingga 2 server yang menyebabkan kecilnya kemungkinan terjadi dropcall. Berdasarkan hal tersebut dapat diperoleh kesimpulan bahwa perencanaan overlapping zone pada skenario 2 layak untuk diimplementasikan

4. Kondisi Daerah berdasarkan BER

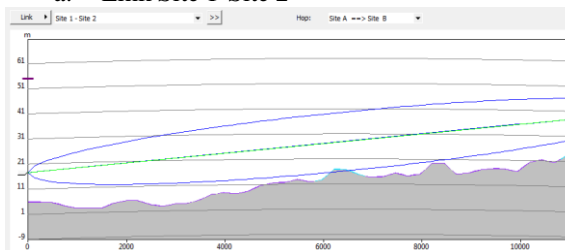
Kondisi BER pada suatu daerah merupakan perbandingan jumlah bit yang gagal dengan total bit yang ditransmisikan.



Gambar 4.15 Kondisi BER skenario 2

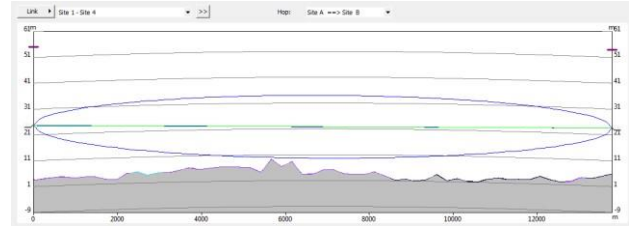
5. Fresnell Zone.

a. Link Site 1-Site 2



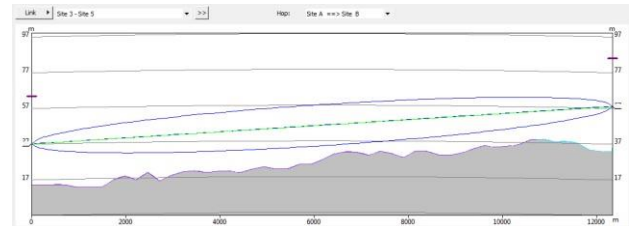
Gambar 4.16 Fresnell Zone Site 1 – Site 2

b. Link Site 1 – Site 4



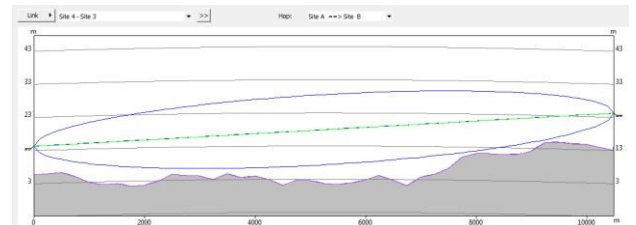
Gambar 4.17 Fresnell Zone Site 1 – Site 4

c. Link Site 3 – Site 5



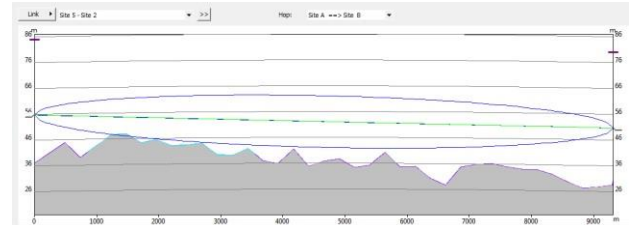
Gambar 4.18 Fresnell Zone Site 3 – Site 5

d. Link Site 4 – Site 3



Gambar 4.19 Fresnell Zone Site 4 – Site 3

e. Link Site 5 – Site 2

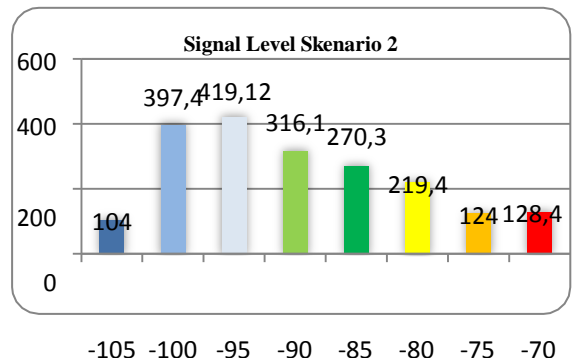


Gambar 4.12 Fresnell Zone Site 5 – Site 2

6. Data Hasil Statistik Perencanaan

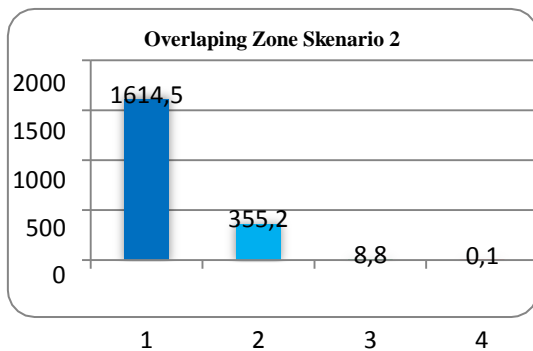
Dalam subbab ini akan dijelaskan data statistik untuk seluruh daerah perencanaan. Berikut ini merupakan data statistiknya

a. Signal Level



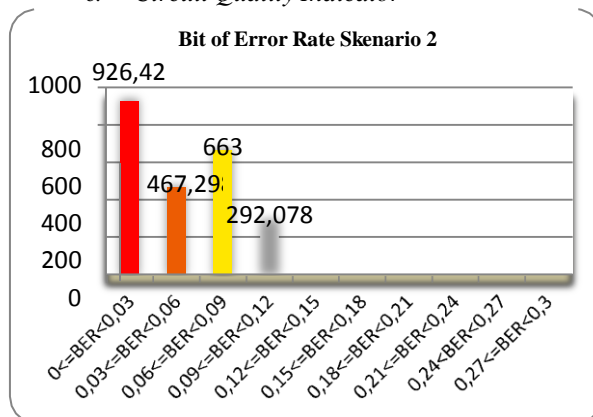
Gambar 4.13 Data statistik signal level skenario 2

b. Overlapping Zone



Gambar 4. 14 Data statistik overlapping zone skenario 2

c. Circuit Quality Indicator



Gambar 4.15 Data statistik BER skenario 2

KESIMPULAN

Berdasarkan teori, perhitungan dan analisis pada perencanaan dalam tugas akhir ini, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada perencanaan total target *user* adalah 4035 user dengan luas wilayah 662,33 km²
2. Pada skenario 1, dibutuhkan 6 *site* dengan lokasi *plotting* pada Sudin dan pos pemadam agar memudahkan *monitoring*, *controlling* dan meminimalisir biaya pembangunan. Pada skenario ini dihasilkan sinyal terima paling rendah sebesar -95 dBm, *mean number of server* pada *overlapping zone* sebesar 1,18 dan *Bit Error Rate* sebesar $0 \leq \text{BER} < 0,06$. Pada sisi *backhaul*, dari 6 *link* yang direncanakan terdapat 2 *link* yg mengalami pelemahan sinyal terima sebesar 0,4 dB dan 0,6 dB..
3. Pada skenario 2, dibutuhkan 5 *site* dengan lokasi *plotting* pada Sudin, pos pemadam serta lokasi lain yang strategis. Skenario 2 menghasilkan sinyal terima paling rendah sebesar -95 dBm, *mean number of server* pada *overlapping zone* sebesar 1,19 serta *Bit Error Rate* sebesar $0 \leq \text{BER} < 0,06$. Pada sisi *backhaul*, semua *link* yang direncanakan memenuhi batas *clearence* dan tidak mengalami pelemahan sinyal terima

4. Pada perencanaan ini, skenario 2 lebih baik untuk digunakan. Hal ini karena jumlah *site* yang lebih sedikit dan tidak terjadi pelemahan sinyal terima di sisi *user* dibandingkan skenario 1. Selain itu pada skenario 2 semua daerah perencanaan dapat

tercover sedangkan pada skenario 1 terdapat daerah dengan luas 0,72 km x 7 km atau 5,25 km² di sisi kiri Jakarta dan 2,03 km x 1,38 km atau 2,8 km² di sisi kanan Jakarta yang tidak dapat di cover.

SARAN

Adapun saran dari proses pengerjaan tugas

akhir ini adalah :

1. Penelitian lebih lanjut harus dilakukan pada Digital Radio Trunking untuk mendukung komunikasi yang lebih efektif di Dinas Pemadam Kebakaran Jakarta
2. Sebaiknya penelitian terhadap implementasi radio trunking digital juga dilakukan di setiap

dinas pemadam kebakaran di seluruh indonesia

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Antenna and Filter Katherein for Mobile Communication 30-512 MHZ. Katherein, Germany
- [2] ETSI TS 100 292-2 V3.5.1
- [3] Sharp, Ducan S Analysis of Public Safety Traffic on Trunked Land Mobile Radio System, In IEEE, Nov 2004
- [4] Mattina, Masimiliano. TETRA Network Planning
- [5] Misra, Ajay R, Advanced Cellular Network Planning And Optimisation, Jhon Willey & Son , 2007, USA
- [6] MTS4, Spesification sheet, Motorola
- [7] Nadiv, Ron, & Naveh, Tzvika.2010.Wireless Backhaul Topology: Analyzing Backhaul Topology Strategis, Ceragon
- [8] Rapaport, Theodore, Wireless Communication System, Jhon Willey & Son, 1997, USA
- [9] Starvrouklasis P.Teresterial Trunking Radio-TETRA. Springer Heidelberg, 2007, New York
- [10]Dinas Pemadam Kebakaran dan Penanggulangan Bencana. 2013. "Sumber Daya Manusia", Tersedia di <http://jakartafire.net> [Diakses Senin, 20 Januari 2014].
- [11]Dinas Pemadam Kebakaran dan Penanggulangan Bencana.2013." Sarana dan Prasarana", Tersedia di <http://jakartafire.net> [Diakses Senin, 20 Januari 2014]