

PERENCANAAN *TERRESTRIAL TRUNKED RADIO* (TETRA) DI WILAYAH BANDARA INTERNASIONAL HUSEIN SASTRANEGARA

PLANNING ON *TERRESTRIAL TRUNKED RADIO* (TETRA) IN HUSEIN SASTRANEGARA INTERNASIONAL AIRPORT AREA

Bonaventura Karunia Husada¹, Uke Kurniawan Usman², Asep Mulyana³

1, 2,3 Universitas Telkom

¹ bonaventurahusada@gmail.com, ² ukeusman@telkomuniversity.ac.id, ³ asepmulyana@tass.telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Sistem komunikasi yang digunakan oleh divisi-divisi di Bandara Internasional Husein Sastranegara masih menggunakan sistem komunikasi konvensional (non-trunking) dengan frekuensi 467 MHz. Kondisi frekuensi yang ada sangat terbatas, sementara kebutuhan trafik untuk memenuhi kebutuhan masing-masing divisi terus meningkat. *Terrestrial Trunked Radio* (TETRA) dengan frekuensi kerja 410-430 MHz menjadi salah satu solusi untuk memenuhi kebutuhan tersebut dengan satu transmitter TETRA menyediakan empat buah kanal dengan satu kanal sebagai kontrol. Perencanaan jaringan TETRA dengan metode *planning* yang digunakan yaitu *capacity planning* dan *coverage planning*. Hasil perencanaan jaringan TETRA dengan metode *capacity planning* diperoleh hasil kebutuhan kapasitas kanal sebanyak 3 kanal. Sedangkan pada *coverage planning* berdasarkan hasil simulasi diperoleh 2 *site* yang dilengkapi dengan antena sectoral dengan konfigurasi antena yang paling optimal dalam percobaan dan skema yang dilakukan, yaitu antena pertama (sudut *azimuth* 300° dan elevasi 0°), serta antena kedua (sudut *azimuth* 88° dan elevasi 0°) dengan radius sel 1,47 km. Hasil simulasi dengan skenario 3 pada percobaan 3 diperoleh area layanan dengan nilai sinyal terima paling tinggi yaitu -91 dBm

Kata kunci : sistem komunikasi konvensional, sistem komunikasi radio trunking, TETRA, *capacity planning*, *coverage planning*

Abstract

Communication system that used by divisions in Husein Sastranegara Internasional Airport still use conventional communication system (non-trunked) in frequency 467 MHz. frequency limited condition while traffic aspect for their necessity still increase. *Terrestrial Trunked Radio* (TETRA) with its frequency is between 410-430 MHz can be one of solution to necessity their requirement. Planning TETRA network with planning method that used are *capacity planning* and *coverage planning*. TETRA network planning result with planning capacity method requires 3 channels. Then with *coverage planning* can get one site that be equipped with sectoral antenna that the most optimum in this project. They On first antenna (*azimuth* 300° and elevation angle 0°) and second antenna (*azimuth* 88° and elevation angle 0°) with its radius cell is 1,47 km. Simulation result of TETRA network in 3rd scenario with 3rd experiment get maximum value of its receive signal is -91 dBm.

Keywords: conventional communication system, trunked radio communication system, TETRA, *capacity planning*, *coverage planning*

1. Pendahuluan

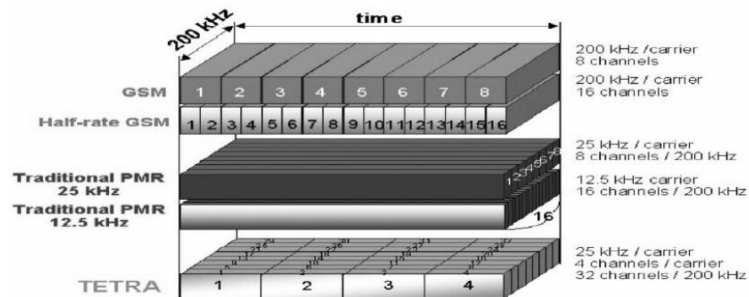
Pada jaman yang serba canggih ini pemilihan dan penerapan sistem komunikasi nirkabel yang optimal menjadi aspek yang penting untuk memenuhi kebutuhan pengguna sistem komunikasi dengan kapasitas trafik yang besar namun tetap menghemat alokasi frekuensi yang ada, serta mempermudah mobilisasi personil dalam berkomunikasi dan berkoordinasi pada objek vital publik. Bandara Internasional Husein Sastranegara merupakan salah satu objek vital publik dengan kebutuhan sistem komunikasi pada beberapa divisi yang perlu memiliki kapasitas trafik yang besar, serta mobilisasi personil dalam berkomunikasi dan berkoordinasi dalam menjaga keamanan dan kenyamanan bagi penumpang yang akan datang dan pergi melalui bandara ini. Sistem komunikasi radio *trunking* dengan standar *Terrestrial Trunked Radio* (TETRA) menjadi salah satu solusi untuk memenuhi kebutuhan dalam bidang komunikasi pada pengguna beberapa divisi di kawasan bandara ini. Kelebihan lainnya yaitu TETRA memiliki satu *transmitter* memiliki empat kanal dengan satu kanal untuk control, dan menawarkan keandalan, privasi, interkoneksi dengan jaringan lain dengan arsitektur yang sederhana. Penelitian terkait perencanaan jaringan TETRA yang pernah dilakukan sebelumnya yaitu [1] pada lama panggilan atau lama pendudukan kanal berdasarkan asumsi dari penulis. Pada penelitian berikutnya [2] tidak membahas metode *capacity planning*. Serta, pada penelitian lainnya [3] menentukan jumlah kanal dengan bantuan model Erlang B dengan probabilitas suatu panggilan untuk tidak dilayani sebesar 2%. Sedangkan pada penelitian tugas akhir ini penentuan jumlah kanal berdasarkan wawancara dengan *talkgroup* atau divisi yang telah ditetapkan, serta menggunakan bantuan model Erlang C dengan peluang tidak langsung dilayani sebesar 2%. Sehingga penelitian ini lebih akurat dalam menentukan jumlah kanal yang digunakan.

2. Dasar Teori

2.1. TETRA (Terrestrial Trunked Radio)

TETRA yaitu suatu 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) [4]. Lebar spasi antar *carrier* adalah 25 kHz dengan tiap 1 kanal fisik dibagi menjadi empat *timeslot*. Modulasi yang digunakan pada TETRA adalah $\pi/4$ DQPSK (*Diferensial Quadrature Phase Shift Keying*) sehingga menghasilkan *bitrate* transmisi sebesar 36 kbps. Efisiensi *bandwidth* TETRA yaitu 1.44 bps / Hz [5].

2.2. Lapis Fisik pada TETRA



Gambar 1 Penggunaan Spektrum pada TETRA [5]

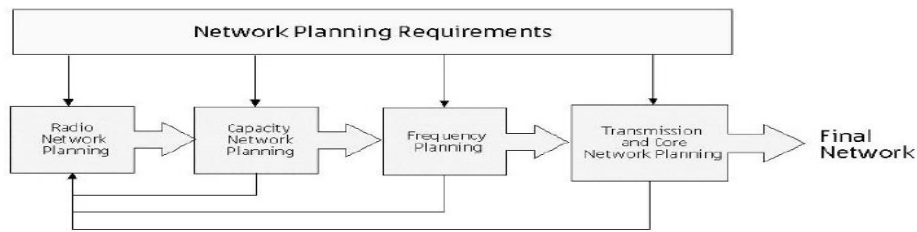
Pada gambar 1 diatas merupakan perbandingan jumlah saluran yang tersedia dengan *bandwidth* 200 kHz untuk berbagai teknologi, yaitu GSM, TETRA dan PMR analog. TETRA dapat menyediakan 32 saluran, sebagai pembandingnya GSM hanya dapat menyediakan 16 kanal apabila *half rate* dan 8 kanal apabila *full rate* dengan *bandwidth* 200 kHz. Sehingga dalam *bandwidth* 200 kHz terdapat 32 *channel*.

2.2.1 Karakteristik TETRA

Tabel 1 Karakteristik pada TETRA [1]

Frequency allocation	
Bandwidth (Emergency services)	380 – 400 MHz
Up-link, Down-link and duplex spacing	2 x 5 MHz with duplex spacing of 10 MHz
Channel spacing	25 kHz
Access	
V+D	FDMA/TDMA/FDD: 4 physical channels per carrier
PDO	Down-link → STM (Statistical Multiplexing) Up-link → STMA (Statistical Multiple Access)
DMO	FDMA/TDMA/TDD: 1 communication per carrier
Radio transmission and reception	
Modulation rate	36 kbit/s
Modulation scheme	$\pi/4$ -DQPSK
Transmissin filter	Square root raised cosine filter with roll-off factor equal to 0,35
Transmission power classes	Mobile Unit → 1W 30W (5 dBm steps) Base station → 0,6W 40W (2 dBm steps)
Maximum power level on the adjacent channels	-60 dBc @ 25 kHz -70 dBc @ 50 kHz -70 dBc @ 75 kHz
Receiver classes	Class A → AWGN, TU50, HT200; Class B → AWGN, TU50; Class E → AWGN, TU50, EQ200 Mobile units only
Dynamic reference sensitivity	Mobile unit → -103 dBm Base station → -106 dBm
Static reference sensitivity	Mobile unit → -112 dBm Base station → -115 dBm
Carrier-to-interference ratio reference	Co-channel → $C/I_c = 19$ dB Adjacent channel → $C/I_c = -45$ dB
Maximum transmission data rate	
Unprotected data	28,8 kbit/s
Protected	19,2 kbit/s
Speech encoder characteristics	
Net bit rate	4,567 kbit/s
Gross bit rate	7,2 kbit/s
Speech frame length	30 ms
Protection	3 protection levels for 3 bit classes

2.3. Perencanaan Jaringan Radio Trunking dengan Standar TETRA



Gambar 2 Proses Perencanaan Jaringan pada TETRA^[5]

Proses perencanaan suatu jaringan radio trunking dengan standar TETRA terdiri dari:

- Perencanaan jaringan radio;
- Perencanaan kapasitas jaringan;
- Perencanaan frekuensi;
- Perencanaan transmisi dan jaringan inti

2.3.1 Penentuan Jaringan Radio

Tahapan pada perencanaan jaringan radio terdiri dari ^[5]:

1. Penentuan *area* cakupan layanan atau *coverage*. *Area* layanan yang harus tercakup dalam komunikasi radio merupakan area yang digunakan pada semua kelompok bicara (*talk group*). Dalam perencanaan *area* layanan terkait dengan titik lokasi Base Station dan batas terjauh nya diambil berdasarkan gabungan dari kebutuhan area layanan seluruh *talk group*.
2. Penentuan model propagasi. Penentuan model propagasi didasarkan atas dua hal, yaitu: frekuensi yang digunakan dan kondisi lingkungan area layanan dan kondisi lingkungan area layanan. Dalam hal ini karena sebagian besar dari area layanan bandara adalah *outdoor area* dengan lingkungan termasuk *urban*, frekuensi yang digunakan yaitu diantara 150 MHz - 1920 MHz, ketinggian antenna pengirim yaitu 30 m, ketinggian antenna penerima ±1,6 m, serta *coverage area* mencapai 3 km maka model propagasi menggunakan model Okumura Hatta. Adapun model propagasi Okumura Hatta untuk urban tersebut adalah ^[3]:

$$L = 69,55 + 26,16 \log f - 13,82 \log h_B - a(h_m) + [44,9 - 6,55 \log h_B] \log d \tag{1}$$

$$\text{Dengan } a(h_m) = 3.2 (\log (11.75 h_m))^2 - 4.97 \text{ dB } f_c \geq 300 \text{ MHz} \tag{2}$$

Keterangan:

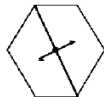
L = Path loss for urban areas (dB)

h_B = Tinggi antenna BTS dari permukaan tanah (m)

h_M = Tinggi Mobile Station (MS) dari permukaan tanah (m)

f = Frekuensi yang digunakan (MHz)

d = jarak BTS - MS (km)



$$L_{cell} = 1.3 \times 2.6 \times R^2 \tag{4}$$

3. Menentukan kelas suatu daya pada *output base station* dan *mobile station*. Terdapat kriteria tertentu dalam pemilihan kelas daya *output base station* sesuai dengan kondisi wilayah dan luasan suatu daerah yang dapat dicakup. Semakin besar output power yang dihasilkan maka semakin luas cakupan jaringannya. Berikut adalah tabel kelas daya pada *base station* dan *mobile station*:

Tabel 2 Kelas daya pada *base station* dan *mobile station* ^[5]

Class	Nominal Output Power (dBm)	Class	Nominal Output Power (dBm)
1	46	6	36
2	44	7	34
3	42	8	32
4	40	9	30
5	38	10	28

4. Menentukan *loss feeder*, *combiner*, dan *filter*. Pada *feeder*, *combiner*, dan *filter* terdapat *loss* yang mempengaruhi penghitungan daya pada antenna. Loss yang dihasilkan oleh perangkat tergantung dari jenis suatu perangkat yang ada.
5. Jenis antenna yang digunakan. Tujuan dari pemilihan jenis antenna agar dapat mempengaruhi luas cakupan suatu antenna dan pola pancaran suatu *site*.
6. Menghitung *link power budget* yang bertujuan untuk mencari *maximum allowable path loss* (MAPL). MAPL merupakan loss maksimum yang diijinkan antara pengirim dan penerima. Tabel 2 merupakan penghitungan *radio link budget* pada radio trunking TETRA.

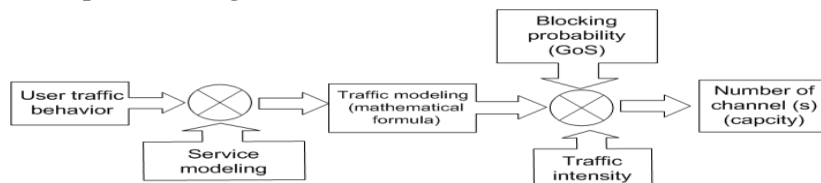
Tabel 2 Radio Link Power Budget [5]

	Downlink	Uplink	Unit	Formula
TX Power	28	27,5	dBm	A
TX Cable and Filter Loss	2,49	0	dB	B
TX Antenna Gain	5	0	dB	C
Peak Effective Isotropic Radiated Power	30,51	27,5	dBm	D = A - B + C
Propagation Loss	123,51	123,5	dB	E
Signal Level at RX Antenna	-93	-96	dBm	F = D - E
RX Antenna Gain	0	5	dB	G
RX Cable Loss	0	2,49	dB	H
Receiver Input Power	-93	-93,49	dBm	I = F + G - H

Dari perhitungan *link budget* didapatkan MAPL, dengan rumus sebagai berikut [4]:

- MAPL arah *downlink* (MAPL_{DL}) = 30,51 - (-95) = 123,51 dB
- MAPL arah *uplink* (MAPL_{UL}) = 27,5 - (-98) = 123,5 dB

2.3.2 Perencanaan Kapasitas Jaringan

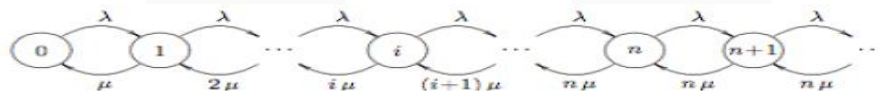


Gambar 3 Proses Estimasi Jumlah Kanal Trafik [5]

Gambar 2.3 diatas merupakan gambaran mengenai cara untuk mengestimasi kapasitas (jumlah kanal) yang optimal (jumlah kanal terkecil namun masih memenuhi standar kualitas minimal yang disyaratkan secara umum).

2.3.2.1 Pemodelan Erlang C

Formula Erlang C digunakan untuk menentukan dimensi *common-equipment* dimana panggilan yang datang lebih dulu akan dilayani lebih dulu (*first-in firstout/FIFO*) berdasarkan antrian.



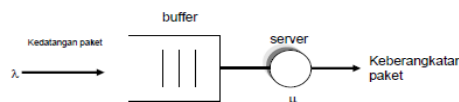
Gambar 4 State Transition Diagram of Erlang C Model [7]

Misalkan trafik yang ditawarkan sebesar *A Erlang* dengan laju kedatangan λ (*call/det*) dan waktu gonggong rata-rata t_m , (*det/call*), maka setiap transisi keadaan dalam sistem dapat digambarkan dalam *state diagram* seperti pada Gambar 2.4 diatas. Untuk menentukan jumlah kanal trafik pada proses perencanaan radio trunking TETRA menggunakan rumus erlang C. Rumus erlang C adalah sebagai berikut [7]:

$$P(0) = \frac{1}{\sum_{i=0}^{n-1} \frac{A^i}{i!} + \frac{A^n}{n!} \frac{n}{n-A}}, \quad A < n \tag{7}$$

Nilai probabilitas blocking atau probabilitas N kanal diduduki yaitu:

$$E_2(A) = \frac{\frac{A^n}{n!} \frac{n}{n-A}}{1 + \frac{A}{1} + \frac{A^2}{2!} + \dots + \frac{A^{n-1}}{(n-1)!} + \frac{A^n}{n!} \frac{n}{n-A}}, \quad A < n. \tag{8}$$



Gambar 5 Waiting System Processing [8]

Sistem tunggu merupakan model trafik dimana jika saat ada permintaan layanan dan tidak mendapatkan kanal bebas/idle, maka permintaan tersebut dapat diantrikan. Rumus dari sistem tunggu yaitu [9]

$$C(N, A) = \frac{A^N / N!}{\sum_{k=0}^N \frac{A^k}{k!} + \frac{A^N}{N!} \left(\frac{A}{N-A} \right)} \tag{9}$$

Perhitungan formula Erlang C juga bisa dilakukan dengan menggunakan tabel Erlang C yang sudah tersedia. Hal-hal yang diperlukan untuk penggunaan tabel Erlang C yaitu [9]:

$$\text{Intensitas trafik } (A) = \frac{C}{T} \times h \tag{10}$$

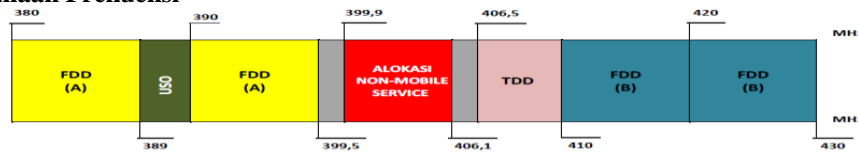
Keterangan:

C = jumlah panggilan selama perioda sibuk T
 T = Periode (waktu)

h = holding time atau rata-rata lamanya bicara

Setelah menemukan nilai Intensitas Trafik dan GoS yang diharapkan, maka diketahui jumlah kanal yang diperlukan melalui tabel Erlang C.

2.3.3 Perencanaan Frekuensi



Gambar 6 Band Plan pada Pita Frekuensi radio 380-430 MHz^[10]

Perencanaan frekuensi berdasarkan alokasi frekuensi pada radio trunking di Indonesia yang diatur pada peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia nomor 18 tahun 2015 tentang perencanaan penggunaan pita frekuensi radio (*bandplan*) pada pita frekuensi radio 350-438 MHz. Pemetaan *Band plan* pada pita frekuensi radio 380 – 430 MHz terdapat pada Gambar 2.6 diatas. Asumsi penggunaan frekuensi pada tugas akhir ini yaitu 420 MHz. Pengasumsian nilai frekuensi berdasarkan nilai tengah *bandplan* pada pita pita frekuensi radio alokasi untuk radio trunking digital. *Bandplan* tersebut pada frekuensi 410 – 430 MHz.

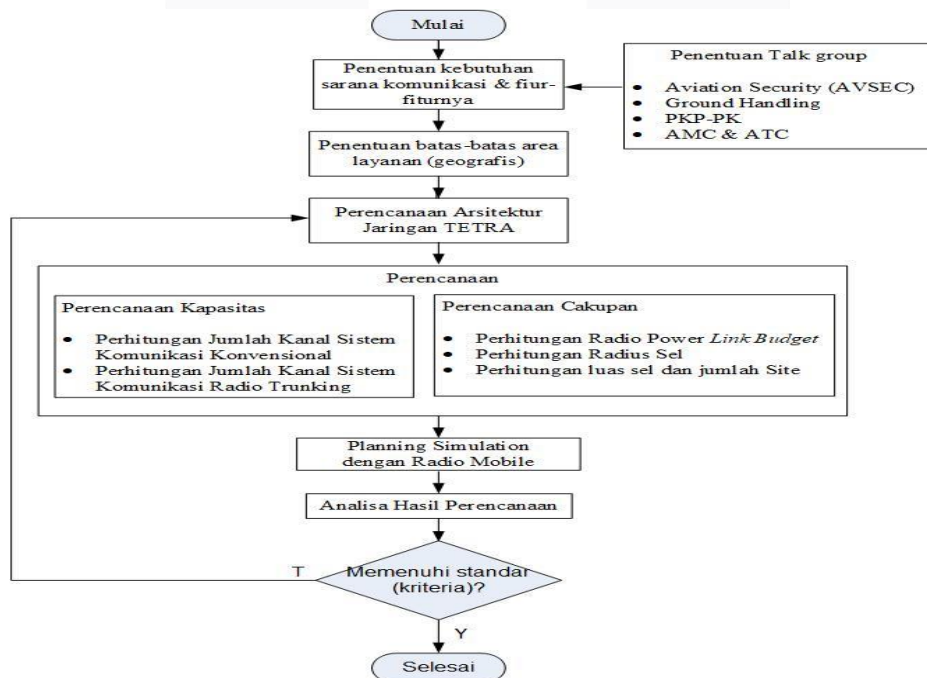
3. Perencanaan Radio Trunking dengan Standar TETRA

3.1 Deskripsi Perencanaan Radio Trunking dengan Standar TETRA

Pada perencanaan ini menggunakan frekuensi 420 MHz. perencanaan jaringan ini dilakukan pada *outdoor area*. Proses perencanaanya diawali dengan pendataan melalui survey langsung ke lokasi (wawancara) mengenai kebutuhan sarana komunikasi tiap divisi yang diperlukan agar menghasilkan perencanaan yang dilakukan sesuai dengan kebutuhan komunikasi tiap divisi, jumlah pengguna yang diperlukan tiap divisi (jumlah layanan pengguna), percakapan yang dilakukan pada 1 divisi dan antar-divisi untuk menganalisa kapasitas trafik yang diperlukan, lokasi-lokasi yang menjadi area layanan pada tiap divisi, dan lokasi penempatan *base station*. Informasi mengenai penempatan lokasi *base station* dan area layanan menjadi informasi yang nantinya akan digunakan sebagai gambaran dan acuan perencanaan jaringan.

3.3. Proses Perencanaan Radio Trunking dengan Standar TETRA

Flowchart pada saat pelaksanaan tugas akhir ini yaitu:



Gambar 7 Alur Perencanaan Sistem

3.3.1 Penentuan Kebutuhan Sarana Komunikasi dan Fitur-Fiturnya

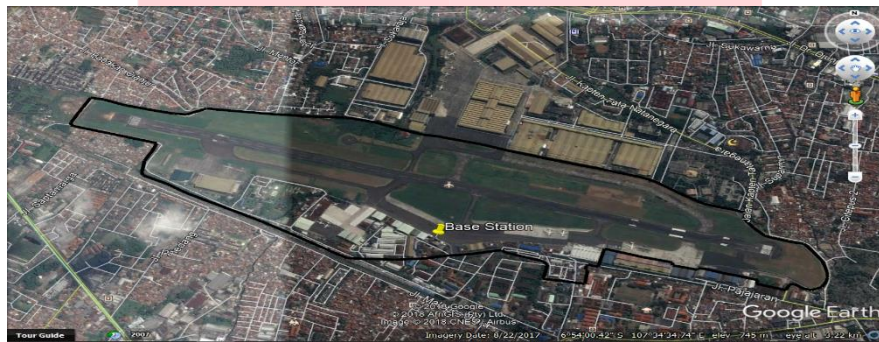
Tabel 3 Kebutuhan Sarana dan Fitur Komunikasi Tiap Divisi

1	AVSEC	<ul style="list-style-type: none"> Memiliki <i>group call</i> yang dapat saling berkoordinasi di internal divisi mereka, grup internal bandara, dan berkomunikasi dengan instansi polisi dan militer diluar area bandara atau <i>Public Safety Network</i> Mendukung keamanan komunikasi enkripsi baik-interface udara dan <i>End-to-end enkripsi</i>
---	-------	---

		<ul style="list-style-type: none"> • Transfer data yang efisien dan dapat menjangkau area layanan • Baterai yang tahan lama selama operasional bandara • Noise yang sekecil mungkin • Memerlukan 11 Buah HT
2	Ground Handling	<ul style="list-style-type: none"> • Dapat berkomunikasi dengan instansi pemadam kebakaran diluar area bandara atau <i>Public Safety Network</i> • Transfer data yang efisien dan dapat menjangkau area layanan • Noise yang sekecil mungkin • Memerlukan 12 Buah HT
3	PKP-PK	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Handset</i> yang dapat tahan terhadap air • Dapat berkomunikasi dengan instansi pemadam kebakaran diluar area bandara atau <i>Public Safety Network</i> • Transfer data yang efisien dan dapat menjangkau area layanan • Noise yang sekecil mungkin • Memerlukan 11 Buah HT
4	AMC dan ATC	<ul style="list-style-type: none"> • Transfer data yang efisien dan dapat menjangkau area layanan • Nilai maksimal <i>quality of service</i> $\pm 200ms$ • Memerlukan 3 Buah HT

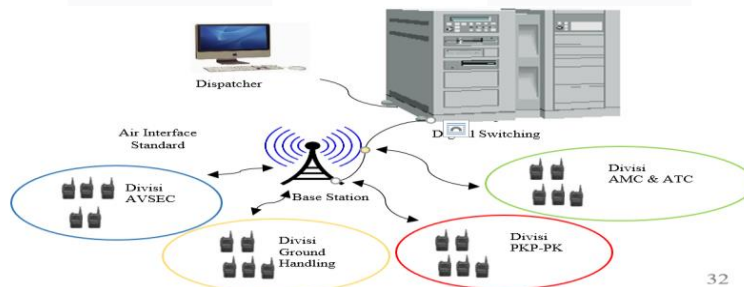
3.3.2 Penentuan Batas-Batas Area Layanan

Masing-masing divisi atau *talk group* memiliki *area* kerja dan batasan-batasan *area* kerja yang berbeda sesuai dengan kebutuhan komunikasi pada *talk group* tersebut. Berdasarkan jangkauan komunikasi dari teknologi eksisting dan kebutuhan jangkauan (area jelajah) tiap divisi maka dapat disimpulkan pemetaan pada jangkauan area komunikasi eksisting yaitu:



Gambar 8 Area Layanan pada Semua Divisi

3.3.3 Perencanaan Arsitektur Jaringan TETRA



Gambar 9 Perencanaan Arsitektur TETRA

3.3.4 Penghitungan Jumlah Kanal

3.3.4.1 Jumlah Kanal Pada Sistem Komunikasi Konvensional

Perhitungan jumlah kanal bertujuan untuk mengetahui jumlah trafik (Intensitas Trafik). Karena pada perhitungan terdapat sistem antrian, yang artinya model trafik yang digunakan adalah model Erlang C dengan peluang ditunda/diantrikan (tidak langsung dilayani) = 2% dalam suatu perencanaan saat *busy hour* yang nantinya dapat menentukan jumlah kanal (N) yang diperlukan. Untuk memperoleh data-data C, T, dan h untuk nantinya digunakan perhitungan pada rumus (12) tersebut maka dilakukan teknik wawancara untuk mengetahui secara operasional tentang perioda sibuk T untuk setiap *event* masing-masing *talk group* dari 4 *talk group* yang diamati, dan berapa lama rata-rata h (lamanya waktu bicara saat tekan push to talk). Dari hasil wawancara, diperoleh data perhitungan dari divisi-divisi sebagai berikut:

1. Divisi AVSEC

$$h_{rata-rata} = \frac{2+2+\dots+2}{70} = \frac{316}{70} = 4,51428517 \text{ detik} ; A = \frac{70}{(14:13:40 - 15:31:00)} \times 4,5143 = 0,06810344828 \text{ erlang}$$

Dari tabel Erlang C untuk intensitas trafik A = 0,068 erlang, dengan peluang ditunda/diantrikan (tidak langsung dilayani) = 2%, maka jumlah kanal yang dibutuhkan (N=2).

2. Divisi Ground Handling

$$h_{rata-rata} = \frac{2+3+\dots+8}{24} = \frac{98}{24} = 4,0833 \text{ detik}; A = \frac{24}{(13:30:00-16:05:49)} \times 4,0833 = 0,007568151981 \text{ erlang}$$

Dari tabel Erlang C untuk intensitas trafik A = 0,007 erlang, dengan peluang ditunda/diantriakan (tidak langsung dilayani) = 2%, maka jumlah kanal yang dibutuhkan (N=1).

3. Divisi PKP-PK

$$h_{rata-rata} = \frac{2+2+\dots+6}{53} = \frac{204}{53} = 3,849056604 \text{ detik}; A = \frac{53}{(00:02:40-00:10:57)} \times 3,849056604 = 0,4104627767 \text{ erlang}$$

Dari tabel Erlang C untuk intensitas trafik A = 0,41 erlang, dengan peluang ditunda/diantriakan (tidak langsung dilayani) = 2%, maka jumlah kanal yang dibutuhkan (N=3).

4. Divisi AMC dan ATC

$$h_{rata-rata} = \frac{2+3+\dots+2}{32} = \frac{175}{32} = 5,46875 \text{ detik}; A = \frac{32}{(00:00:00-01:13:38)} \times 5,46875 = 0,03961068357 \text{ erlang}$$

Dari tabel Erlang C untuk intensitas trafik A = 0,03 erlang, dengan peluang ditunda/diantriakan (tidak langsung dilayani) = 2%, maka jumlah kanal yang dibutuhkan (N=3)

Dari kondisi eksisting diatas, dapat disimpulkan bahwa pada jaringan komunikasi radio konvensional (non-trunking) untuk seluruh divisi diperlukan jumlah kanal sebanyak:

Tabel 4 Jumlah Kanal Tiap Divisi

No.	Nama Divisi	Jumlah Kanal yang Dibutuhkan	No.	Nama Divisi	Jumlah Kanal yang Dibutuhkan
1	Divisi AVSEC	2 Kanal	3	Divisi Ground Handling	1 Kanal
2	Divisi PKP-PK	3 Kanal	4	Divisi AMC dan ATC	2 Kanal
Total					8 Kanal

3.3.4.2 Penghitungan Jumlah Kanal dengan Sistem Trunking

$$A_{total} = 0,07 \text{ erlang} + 0,007 \text{ erlang} + 0,41 \text{ erlang} + 0,04 \text{ erlang} = 0,526 \text{ erlang}$$

Dari tabel Erlang C untuk trafik A sebesar 0,526 erlang, jika dikehendaki peluang kegagalan 2%, maka didapat jumlah kanal sebanyak 3 kanal (N = 3).

3.3.5 Perencanaan Cakupan

3.3.5.1 Penentuan Loasi Base Station

Penempatan site di area Bandara Husein Sastranegara yaitu pada longitude 107°34'33,17" BT dan latitude 6°54'10,96" LS.

3.3.5.2 Penentuan Model Propagasi

- $EIRP_{DL} = Tx \text{ Power} - \text{Cable and Filter Loss} + Tx \text{ Antenna Gain} = 28 - 2,49 + 5 = 30,51 \text{ dBm}$
- $EIRP_{UL} = Rx \text{ Power} - \text{Cable and Filter Loss} + Rx \text{ Antenna Gain} = 27,5 - 0 + 0 = 27,5 \text{ dBm}$
- $MAPL \text{ arah downlink } (MAPL_{DL}) = 30,51 - (-93) = 123,51 \text{ dB}$
- $MAPL \text{ arah uplink } (MAPL_{UL}) = 28 - (-96) = 123,5 \text{ dB}$

3.3.2.2.1 Perhitungan Coverage Area

$$\text{Tinggi Antenna } (h_t) = 30 \text{ Meter} \quad \text{Tinggi Penerima } (h_r) = 1,6 \text{ Meter}$$

$$\text{Frekuensi} = 420 \text{ MHz}$$

$$a (h_m) = 3,2 (\log(11,75 \times 1,6))^2 - 4,97 = (3,2 \times 1,623478225)^2 - 4,97 = 0,225 \text{ dB}$$

$$L = 69,55 + 26,16 \log 420 - 13,82 \log 30 - 0,225 + [44,9 - 6,55 \log 30] \log d$$

$$123,5 = 69,55 + 68,624 - 20,41 - 0,225 + 35,22 \log d$$

$$123,5 - 117,54 = 35,22 \log d$$

$$\frac{5,96}{35,22} = \log d \rightarrow d = 1,476461181 \text{ Km}$$

$$\text{Luas cell} = \frac{3}{2} \times \left(\frac{1,476461181}{2} \right)^2 \times \sqrt{3} = 1,415911018 \text{ Km}^2$$

Berdasarkan nilai radius cell tersebut, dapat menentukan jumlah antena yang dibuthkan untuk area bandara. Hasil jumlah antena dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

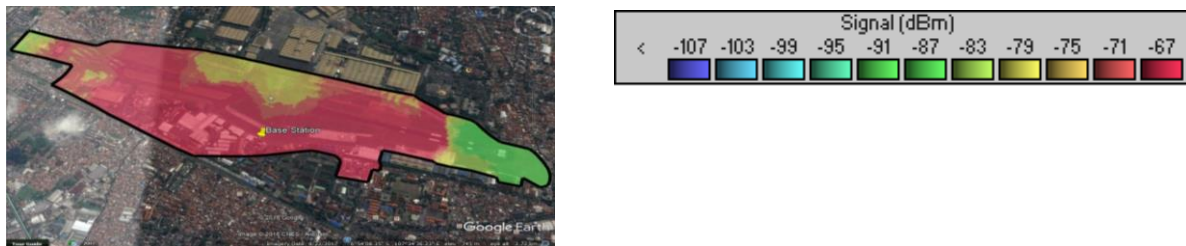
Tabel 5 Jumlah Site Berdasarkan Perencanaan Cakupan

Luas Area Bandara (km ²)	Luas Cell (km ²)	Estimasi Antena	Jumlah Site
1,45	1,415911018	1,024075653	2

4. Simulasi dan Analisis Perencanaan

4.1 Hasil Simulasi Radio Coverage

Simulasi pada perencanaan jaringan TETRA ini menggunakan 3 skema, yang pertama melakukan simulasi dengan kondisi tanpa dilakukan tilting antenna, yang kedua melakukan simulasi dengan kondisi dilakukan tilting antenna pada derajat *azimuth* tertentu, dan yang ketiga dilakukan tilting antenna pada derajat *azimuth* dan elevasi tertentu. Hasil simulasi pada gambar 10 merupakan hasil simulasi nilai *receive signal* terbaik yang dilakukan pada perencanaan ini.



Gambar 10 Hasil Simulasi Radio Coverage

5. Kesimpulan

- Pada sistem komunikasi konvensional (non-trunking) diperlukan 8 kanal untuk memenuhi kebutuhan layanan komunikasi untuk 4 *talkgroup* saat jam sibuk atau *busy hour* dengan:
 - Divisi AVSEC** memiliki intensitas trafik = 0,068 Erlang, dengan peluang diantrikan (tidak langsung dilayani atau tidak langsung mendapatkan kanal) = 2%, maka jumlah kanal yang dibutuhkan ($N = 2$).
 - Divisi Ground Handling** memiliki intensitas trafik = 0,007 Erlang, dengan peluang diantrikan (tidak langsung dilayani atau tidak langsung mendapatkan kanal) = 2%, maka jumlah kanal yang dibutuhkan ($N = 1$).
 - Divisi PKP-PK** memiliki intensitas trafik = 0,4104 Erlang, dengan peluang diantrikan (tidak langsung dilayani) = 2%, maka jumlah kanal yang dibutuhkan ($N = 3$).
 - Divisi AMC & ATC** memiliki intensitas trafik = 0,04 Erlang, dengan peluang diantrikan (tidak langsung dilayani) = 2%, maka jumlah kanal yang dibutuhkan ($N = 2$).
- Sistem komunikasi radio trunking dengan standar TETRA memerlukan 3 kanal untuk memenuhi kebutuhan layanan komunikasi untuk 4 divisi bandara (AVSEC, Ground Handling, PKP-PK, AMC & ATC) saat jam sibuk atau *busy hour* dengan intensitas trafik $A = 0,5257450605$ Erlang, peluang ditunda/diantrikan (tidak langsung dilayani atau tidak langsung mendapatkan kanal) = 2%
- Percobaan ke-3 pada skema 3 merupakan perencanaan antenna yang paling optimal dengan pengaturan pada antenna pertama (sudut *azimuth* 300° dan elevasi 0°) kedua (sudut *azimuth* 88° dan elevasi 0°), serta memiliki nilai sinyal terima paling tinggi = -91 dBm
- Pemilihan perencanaan menggunakan skenario 3 pada percobaan 3 yang dipilih untuk diimplementasikan karena selain memiliki hasil simulasi dengan performa tertinggi dan optimal, skenario 3 juga dapat meng-cover seluruh area yang potensial di bandara Husein Sastranegara

6. Daftar Referensi

- Clara, Anastasia. 2015. *Perencanaan Terrestrial Trunked Radio dari Stasiun Kereta Api Bandara Soekarno-Hatta sampai Bandara Halim Perdanakusuma*. Bandung: Universitas Telkom
- Miasari D., Wijayanti A., dan Puspitorii O.. 2013. *The Design of Terrestrial Trunked Radio (TETRA) Communication System At Juanda Airport*. Surabaya: Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
- Nurjihad S., Mulyana A., dan Riza T. A.. 2014. *Planning TETRA Dinas Kepolisian Polrestabes Wilayah Bandung*. Bandung : Universitas Telkom
- TETRA. [t.th.] *TETRA Standard* [Online] Available at: <http://www.tandcca.com/about/page/12320> [Accessed 20 Oktober 2016]
- Mishra, Ajay R. 2007. "Advanced Cellular Network Planning and Optimization". Engand : Jhon Wiley & Son, Ltd.
- Goldsmith A. "Wireless Communications", Stanford University. 2005.
- Oludele, A., Onuiri E. 2012. "Comparative Study of Performance Evaluation Models for Cellular Communications Networks". [Online] Available at: https://www.researchgate.net/publication/280884035_Comparative_Study_of_Performance_Evaluation_Models_for_Cellular_Communications_Networks [Accessed: 15 Desember 2017]
- Materi Perkuliahan Dasar Teknik Telekomunikasi. 2016. "Pengantar Teori Trafik Telekomunikasi" Bandung: Universitas Telkom
- Soelistijorini R., Karismawati R., Yuliana Mike. 2011. "Analisa Performansi Call Center PT. Indosat, Tbk Dengan Menggunakan Formula Erlang C". Indonesia: Electronic Engineering Polytechnic Institute of Surabaya (EEPIS).
- Rudiantara. 2015. *Perencanaan Penggunaan Spektrum Frekuensi Radio Pada Pita Frekuensi Radio 350-438 MHz*. Indonesia: Peraturan Menteri KOMINFO Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2015.