

# Karakteristik Statistik Kanal Radio HF Domain Waktu Pada Band Maritim

**Sutoyo**

Jurusan Teknik Elektro UIN SUSKA RIAU  
JI HR Soebrantas KM 15 Panam Pekanbaru  
e-mail : [sutoyo\\_te@yahoo.com](mailto:sutoyo_te@yahoo.com)

## **Abstrak**

Kemajuan teknologi pada kanal HF dapat digunakan untuk komunikasi pada maritim. Peningkatan jumlah pengguna mengakibatkan pendudukan kanal memiliki karakteristik data yang berbeda. Ekspresi suatu sinyal dapat dinyatakan dalam domain waktu maupun dalam domain frekuensi. Pada penelitian ini memodelkan karakteristik statistik data pemakaian kanal radio HF dalam domain waktu untuk sinyal suara melalui proses pengukuran. Pengukuran dikelompokkan kedalam waktu pengukuran pagi, Siang, Sore dan malam yang dikategorikan kedalam trafik kecil sedang dan padat. Hasil data pengukuran kemudian dimodelkan melalui pendekatan distribusi data statistik untuk mendapatkan rata-rata waktu layanan pada masing-masing waktu pengukuran. Dari hasil ketersediaan waktu layanan dapat dilakukan estimasi panjang paket data yang dapat dikirimkan pada sistem yang akan digunakan. Hasil pengolahan data dan pemodelan didapat bahwa data pemakaian kanal radio HF pada domain waktu terdistribusi eksponensial dengan ketersediaan waktu layanan paling besar terdapat pada waktu malam sebesar 27.9 detik dan estimasi panjang paket didapat sebesar 104.6 Kbyte

**Kata kunci** : HF, domain waktu, pemodelan data, waktu layanan

## **Abstract**

Technological advances in HF channel can be used for communication on maritime. An increasing number of users resulted in the occupation of the channel have different data characteristics. Expression of a signal can be expressed in the time domain or in frequency domain. In this research modeling the statistical characteristics of data the use of HF radio channel in time domain to sound signals through the measuring process. Measurements are grouped into the measurement time in the morning, afternoon, evening and night are categorized into small medium and dense traffic. The results of the measurement data and modeled through a statistical approach to data distribution to get the average service time at each measurement time. From the time available to do the estimated length of service data packet may be sent the system to be used. The results of data processing and modeling that the data obtained using the HF radio channel in time domain exponentially distributed the availability of most of the time of service there at night by 27.9 seconds and the estimated length of the packet obtained by 104.6 Kbyte

**Keywords**: HF, time domain, data modeling, service time.

## **1. Pendahuluan**

Perkembangan komunikasi nirkabel menggunakan band maritim di Indonesia mengalami kemajuan yang pesat. Keadaan ini terlihat banyaknya jumlah pengguna menggunakan sistem komunikasi seperti suara seperti sistem komunikasi *high frequency* (HF) yang memiliki alokasi pita frekuensi 3 – 30 MHz.

Pemilihan sistem komunikasi HF karena memiliki kelebihan dapat melakukan transmisi jauh, biaya rendah dan memiliki perangkat yang sederhana. Pemanfaatan radio HF banyak ditemukan pada komunikasi militer, maritim, serta penerbangan dan penyiaran (*broadcasting*). Disisi lain radio HF memiliki kelemahan pada propagasinya yang tidak stabil sehingga tingkat stabilitas komunikasinya rendah. Komunikasi HF mampu menyediakan berbagai layanan yang paling mungkin dibutuhkan untuk komunikasi multimedia seperti suara, data maupun video, dengan biaya yang sangat rendah dan membutuhkan sedikit persiapan dalam membangun jaringan [1,2,5]. Pada band maritim salah satu komunikasi yang digunakan adalah komunikasi suara dengan *voice band* sebesar 3 kHz. Ekspresi sinyal seperti suara dapat dinyatakan dalam domain waktu dan frekuensi.

Untuk menentukan aktifitas pemakaian kanal radio HF dalam domain waktu dengan melakukan pengukuran terhadap karakteristik statistik data kanal HF dengan memperhatikan level daya terima pada saat pengukuran. Hasil pengukuran kemudian dimodelkan melalui pendekatan distribusi data statistik dalam domain waktu sehingga menghasilkan ketersediaan waktu layanan pada masing-masing waktu pengukuran.

### 1.1 Propagasi komunikasi HF

Menurut arah lintasan propagasi maka radio HF dapat dikelompokkan menjadi 3 bagian yaitu *ground wave*, *direct or line-of-sight wave* dan *sky wave* [1]. Di kanal Radio HF sebuah mekanisme propagasi yang paling dominan dengan keterkaitan dari jarak yang lebih jauh adalah propagasi *sky wave*. Dalam mode propagasi ini gelombang radio yang masuk ke *ionosfer* (bagian dari atmosfer atas) dibiarkan kembali ke bumi (ketinggian antara 100 km dan 400 km). Jumlah persis refraksi tergantung pada frekuensi dan kondisi *ionosfer* yang bervariasi dengan waktu, musim, lokasi geografis dan siklus sinar matahari.

Pada kondisi propagasi gelombang yang sangat baik spektrum sinyal HF memiliki dua fitur khusus yaitu memiliki sebuah kerapatan sinyal sangat tinggi (sampai dengan 600 sinyal dalam *bandwidth* 1 MHz) dan *range dynamic* yang sangat tinggi (perbedaan antara tingkat sinyal maksimum dan minimum pada masukan dari penerima sampai dengan 120 dB). Fitur-fitur ini harus dipertimbangkan ketika mengukur tingkat noise radio [5].

### 1.2 Probabilitas dan statistik

Kajian statistik adalah suatu keilmuan yang berhubungan dengan metode dalam proses pengumpulan, perangkuman, pemaparan dan penganalisisan data kemudian penarikan kesimpulan serta pengambilan keputusan berdasarkan alasan ilmiah yang kuat [4]. Variabel dapat dikelompokkan kedalam 2 jenis yaitu variabel diskrit dan variabel kontinu. Untuk variabel kontinu dapat dinyatakan dalam bentuk *probability density function* (pdf) dan *cumulative distribution function* (cdf) [3]. Misalkan diketahui variabel acak  $X$ , maka *cumulative distribution function* (cdf) dapat dinyatakan :

$$F(x) = P(X \leq x) \quad (-\infty < x < \infty) \quad \dots\dots\dots(1)$$

Sedangkan untuk *probability density function* (pdf) merupakan turunan dari *cumulative distribution function* (cdf) dan dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$f(x) = \frac{dF(x)}{d(x)} \quad (-\infty < x < \infty) \quad \dots\dots\dots(2)$$

atau

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(u) d(u) \quad (-\infty < x < \infty) \quad \dots\dots\dots(3)$$

Hasil dari distribusi mendapatkan nilai yang diharapkan (*mean*) dan *variance*. Nilai mean dari variabel acak yang kontinu dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\mu_x = E(X) = \begin{cases} \sum_k x_k p_x(x_k) & X = \text{discrete} \\ \int_{-\infty}^{\infty} X f_x d(x) & X = \text{continuous} \end{cases} \quad \dots\dots\dots(4)$$

Sedangkan untuk *variance*  $\text{Var}(X)$  atau  $\sigma_x^2$  adalah sebagai berikut :

$$\sigma_x^2 = \text{Var}(X) = E\{[X - E(X)]^2\} \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$\sigma_x^2 = \begin{cases} \sum_k (x_k - \mu_x)^2 p_x(x_k) & X = \text{discrete} \\ \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu_x)^2 f_x(x) dx & X = \text{continuous} \end{cases} \quad \dots\dots\dots(6)$$

Untuk jenis distribusi kontinu adalah sebagai berikut :

#### a. Distribusi Normal

*Probability density function* (pdf) dari distribusi normal adalah sebagai berikut :

$$f_x(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-(x-\mu)^2/(2\sigma^2)} \quad \dots\dots\dots(7)$$

*Cumulative distribution function* (cdf) dari distribusi normal adalah sebagai berikut :

$$F_X(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{-\infty}^x e^{-(x-\mu)^2/(2\sigma^2)} \quad \dots\dots\dots(8)$$

*Mean* dan *variance* dari distribusi Normal adalah sebagai berikut :

$$\mu_x = E(X) = 0 \quad \dots\dots\dots(9)$$

$$\sigma_x^2 = \text{Var}(X) = 1 \quad \dots\dots\dots(10)$$

#### b. Distribusi Eksponensial

*Probability density function* (pdf) dan *cumulative distribution function* (cdf) dari distribusi eksponensial adalah sebagai berikut :

$$f_x(x) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x} & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases} \quad \dots\dots\dots(11)$$

$$F(x) = \begin{cases} 1 - e^{-\lambda x} & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases} \quad \dots\dots\dots(12)$$

Berikut ini adalah distribusi yang tergolong dalam distribusi diskrit adalah sebagai berikut :

#### a. Distribusi Binomial

Jika diketahui variabel acak dengan parameter (n,p), maka *cumulative distribution function* (cdf) dapat ditentukan

$$F_X(x) = \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k} \quad n \leq x < n+1 \quad \dots\dots\dots(13)$$

*Mean* dan *variance* dari distribusi binomial adalah sebagai berikut:

$$\mu_x = E(X) = np \quad \dots\dots\dots(14)$$

$$\sigma_x^2 = \text{Var}(X) = np(1-p) \quad \dots\dots\dots(15)$$

#### b. Distribusi Poisson

*Cumulative distribution function* (cdf) dari distribusi Poisson dapat ditentukan sebagai berikut:

$$F_X(x) = e^{-\lambda} \sum_{k=0}^n \frac{\lambda^k}{k!} \quad n \leq x < n + 1 \quad \dots\dots\dots(16)$$

Mean dan variance dari distribusi binomial adalah sebagai berikut:

$$\mu_x = E(X) = \lambda \quad \dots\dots\dots(17)$$

$$\sigma_x^2 = Var(X) = \lambda \quad \dots\dots\dots(18)$$

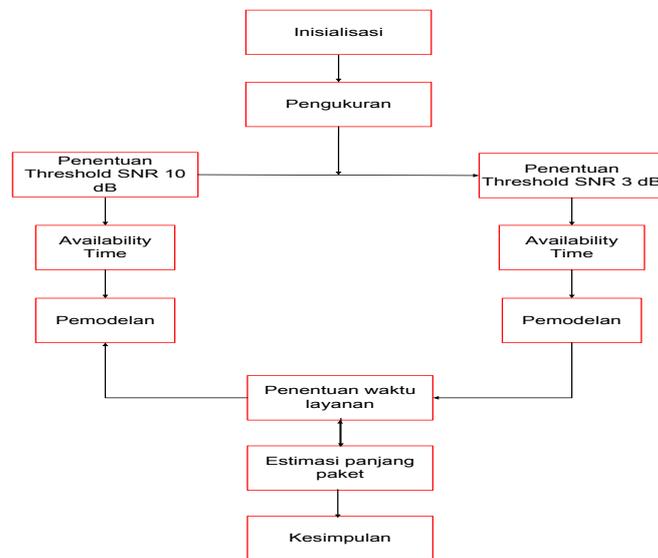
Didalam statistik memiliki nilai yang diharapkan terhadap nilai estimator yang dikenal dengan *mean square error* (MSE). MSE merupakan sebuah proses dalam menentukan kualitas error menunjukkan seberapa besar perbedaan error nilai estimasi dengan nilai yang diestimasi [4]. Untuk menghitung nilai *mean square error* (MSE) dapat dilakukan, misalkan estimator  $\theta = s(X_1 \dots \dots \dots X_n)$  dikatakan sebuah *unbiased estimator* dari parameter  $\Theta$  Jika  $E(X) = \Theta$

Maka *mean square error* (MSE) yang dapat diberikan adalah sebagai berikut [3] :

$$E\{[(\theta - \Theta)^2] = E\{[\theta - E(\theta)]^2\} = Var(\theta) \quad \dots\dots\dots(19)$$

**2. Metode penelitian**

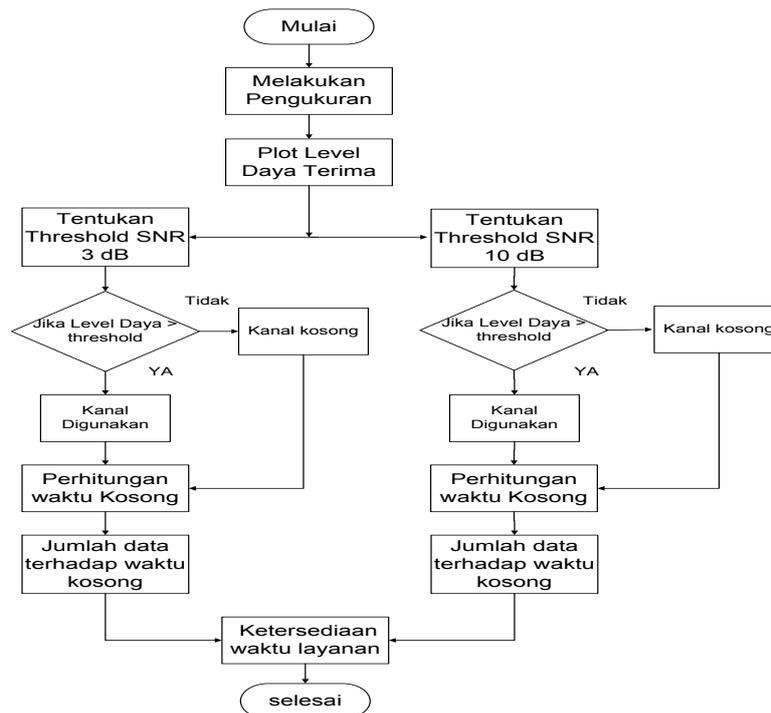
Pada bagian ini menjelaskan metode yang digunakan untuk mendapatkan karekteristik statistik penggunaan kanal radio HF dalam domain waktu sehingga ketersediaan waktu layanan dapat diketahui dan gambaran secara umum dapat dinyatakan pada gambar 1.



Gambar 1. Kegiatan penelitian

Untuk mendapatkan karekteristik data statistik penggunaan kanal radio HF dalam domain waktu sebagai langkah awal dengan melakukan pengukuran. Pengukuran bertujuan untuk mendapatkan aktifitas pemakaian kanal radio HF dalam domain waktu. Langkah selanjutnya menentukan nilai *threshold* sebagai metode pemisahan antara sinyal yang berisi komunikasi data seperti komunikasi suara atau hanya memiliki sinyal yang memiliki *noise*.

Untuk mendapatkan variasi level nilai *threshold* yang berbeda pada sistem digunakan SNR yang berbeda seperti 3dB dan 10 dB yang digunakan dalam mendeteksi sinyal suara. Setelah nilai level *threshold* ditentukan maka diketahui ketersediaan waktu pemakaian kanal radio HF dengan mengolah data komunikasi suara dalam kondisi digunakan dan kondisi waktu kanal dalam keadaan kosong. Hasil data statistik kemudian dimodelkan melalui pendekatan distribusi data sehingga rata-rata waktu layanan dapat ditentukan. Sebagai langkah akhir dari penelitian ini adalah dengan menentukan estimasi panjang paket yang diperoleh dari data waktu layanan. Untuk metode analisis ketersediaan waktu dapat dinyatakan pada gambar 2



Gambar 2. Metode analisis ketersediaan waktu

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini menjelaskan hasil dan pembahasan yang diperoleh terhadap data hasil pengukuran kanal radio HF dalam domain waktu, kemudian menjelaskan hasil analisis ketersediaan waktu penggunaan kanal radio HF untuk komunikasi suara.

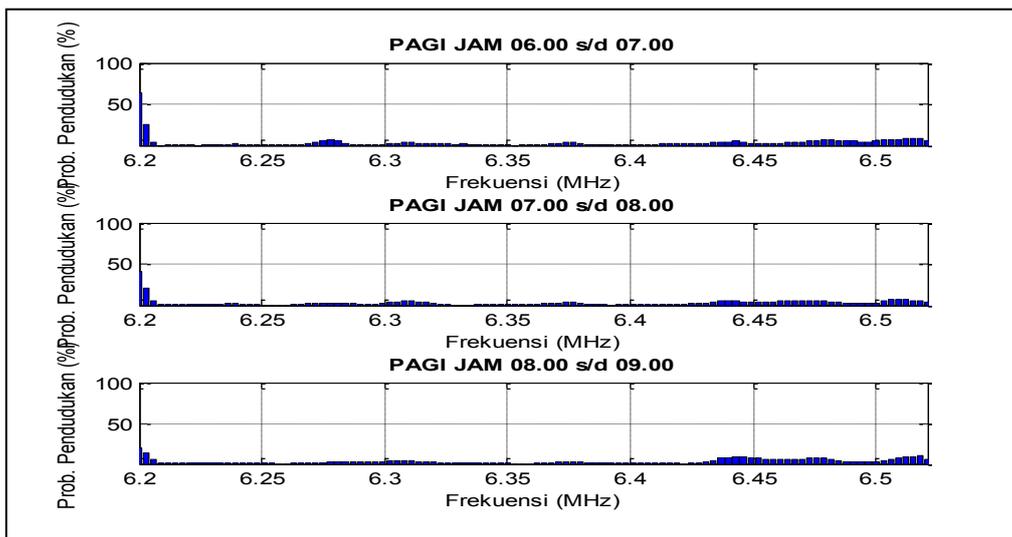
#### 3.1. Penentuan trafik kecil, sedang dan padat

Didalam melakukan analisis trafik waktu pemakaian kanal radio HF untuk komunikasi suara, maka kanal dikelompokkan menjadi 3 jenis keadaan trafik yaitu trafik kecil, sedang dan padat. Didalam menentukan trafik dalam keadaan kecil, sedang dan padat adalah dengan cara menampilkan grafik probabilitas lama pendudukan kanal radio HF dalam beberapa keadaan waktu seperti Pagi, Siang, Sore dan Malam. Dengan memperhatikan nilai probabilitas dari masing - masing frekuensi maka trafik kecil, sedang dan padat dapat ditentukan seperti yang ditunjukkan pada gambar 3 dan 4 untuk pengukuran Pagi.

Penentuan trafik dengan membagi 3 keadaan kecil, sedang dan padat trafik bertujuan untuk menghasilkan variasi karakter *bit rate* dan kecepatan masing-masing trafik sehingga akan mempermudah dalam penerapan ke sistem. Kemudian pembagian kondisi trafik juga bermanfaat untuk pengaturan waktu sehingga mempermudah dalam mengatur frekuensi yang digunakan.



Gambar 3. Probabilitas lama pendudukan kanal pada waktu Pagi SNR 3 Db



Gambar 4. Probabilitas lama pendudukan kanal pada waktu Pagi SNR 10 dB

### 3.1. Analisis trafik ketersediaan waktu pada masing-masing waktu pengukuran

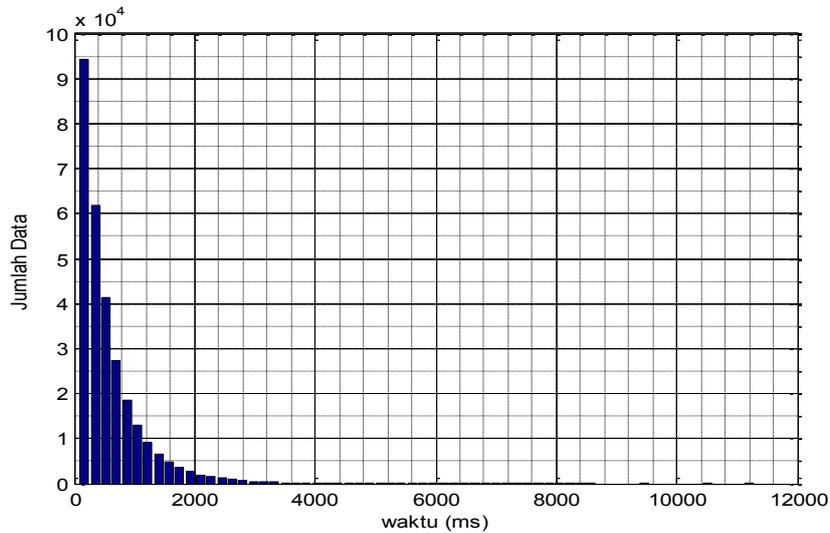
Dari gambar 3 dan 4 diatas diambil beberapa alokasi *bandwidth* atau band pita frekuensi dengan lebar spasi sebesar 3 kHz untuk *voice band* yang memiliki probabilitas lama pendudukan dalam kategori trafik kecil, sedang dan padat mewakili dari *bandwidth* yang memiliki jumlah pemakaian seluruh kondisi trafik pada waktu pengukuran Pagi, Siang, Sore dan Malam. Kemudian data dihitung berdasarkan variasi SNR berbeda sehingga dihasilkan alokasi *bandwidth* dengan lebar masing-masing *bandwidth* adalah sebesar 3 kHz.

Dari alokasi *bandwidth* yang telah ditentukan dilakukan perhitungan terhadap jumlah kanal dalam keadaan kosong yang diwakili oleh nilai 0 dan kondisi kanal dalam keadaan digunakan diwakili oleh nilai 1 atau kanal digunakan untuk komunikasi suara. Dari perhitungan terhadap nilai data 0 dan 1 maka diketahui jumlah waktu kosong dari masing-masing alokasi *bandwidth* yang telah ditentukan untuk seluruh kondisi trafik untuk semua waktu pengukuran.

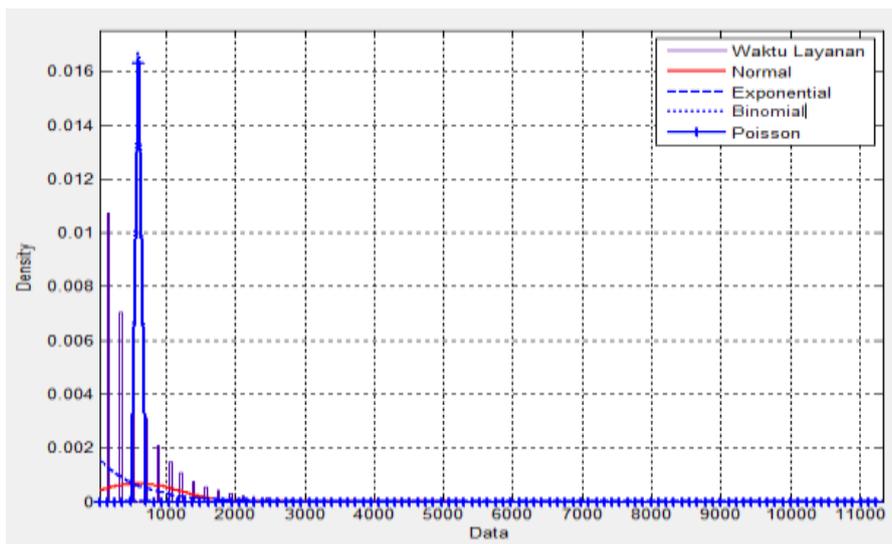
Setelah data dikelompokkan berdasarkan kanal kosong dan kanal digunakan kemudian ditentukan waktu masing-masing kanal sehingga dihasil jumlah data terhadap waktu kosong seperti histogram pada gambar 5. Dari histogram kemudian dinormalisasi untuk menggambarkan fungsi distribusi kepadatan (pdf) yang menunjukkan probabilitas masing-masing data waktu pemakaian kanal radio HF seperti gambar 6.

Kemudian data waktu pemakaian kanal radio HF dimodelkan melalui pendekatan beberapa distribusi seperti distribusi Normal, Eksponensial, Binomial dan Poisson. Untuk menentukan model pendekatan distribusi yang dipilih dengan menghitung nilai *mean square error* (MSE) terkecil masing-masing distribusi atau yang memiliki *error* paling kecil.

Setelah model distribusi ditentukan melalui nilai (MSE) terkecil maka dihitung nilai keluaran distribusi yang diharapkan (*mean*) sehingga dihasilkan nilai rata-rata waktu ketersediaan layanan masing-masing waktu pengukuran.



Gambar 5. Jumlah data terhadap waktu kosong pada pengukuran Pagi



Gambar 6. PDF Jumlah data terhadap waktu kosong pada pengukuran Pagi

MSE Normal : 6.19E -03  
 MSE Exponential : 5.61E -03  
 MSE Binomial : 6.71E -03  
 MSE Poisson : 6.76E -03

Dari grafik probabilitas fungsi kepadatan menunjukkan bahwa model data statistik untuk pengukuran waktu pagi terdistribusi exponential karena memiliki nilai MSE paling kecil. Hasil keluaran distribusi exponential memiliki mean ketersediaan waktu layanan sebesar 599,2 milisecon atau 0,599 detik. Dengan diketahui waktu layanan sebesar 0,599 detik maka dapat dihitung estimasi panjang paket data untuk trafik kecil pengukuran Pagi dengan SNR 3 dB adalah :

$$\begin{aligned} \text{Estimasi panjang paket} &= 0.599 \times 30000 \\ &= 17.970 \text{ bit atau } 2246 \text{ byte} \end{aligned}$$

Langkah yang sama akan dilakukan pada seluruh waktu pengukuran baik dalam kondisi trafik dalam keadaan kecil, sedang maupun padat. Dari hasil keseluruhan waktu pengukuran diperoleh bahwa ketersediaan waktu paling banyak terdapat pada waktu Malam dengan ketersediaan layanan sebesar 27.91 detik sehingga estimasi panjang paket yang mapu dilakukan sebesar 104.6 kbyte seperti yang terdapat pada tabel 1. Ketersediaan waktu paling banyak terdapat pada waktu Malam disebabkan jumlah

pengguna yang sangat kecil dalam melakukan komunikasi suara pada waktu Malam hari sehingga waktu lebih banyak tersedia.

Tabel 1. Ketersediaan waktu layanan dan estimasi panjang paket untuk keseluruhan waktu pengukuran dengan SNR yang berbeda

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran dan analisis data maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil analisis dalam domain waktu didapat waktu ketersediaan layanan paling besar untuk SNR 10 dB terdapat pada waktu Malam sebesar 27.9 detik dengan estimasi panjang paket yang mampu dikirim sebesar 104.6 Kbyte.
2. Untuk SNR 10 dB didapat waktu ketersediaan layanan paling besar terdapat pada waktu Pagi sebesar 0.599 detik dengan estimasi panjang paket yang mampu dikirim sebesar 2.246 Kbyte.
3. Dari nilai *mean square error* (MSE) didapat bahwa saat sistem menggunakan SNR 10 dB memiliki

No	Waktu Pengukuran	Waktu layanan SNR 3 dB (detik)	Waktu layanan SNR 10 dB (detik)	Estimasi Panjang paket SNR 3 dB (byte)	Estimasi Panjang paket SNR 10 dB (byte)
1	<b>A. Pagi</b>				
2	1. Trafik Kecil	0.599	11.1	2246	41624
3	2. Trafik Sedang	0.412	4.08	1545	15300
4	3. Trafik Padat	0.362	1.57	1357	5886
5	<b>B. Siang</b>				
6	1. Trafik Kecil	0.523	12.1	1961	45362
7	2. Trafik Sedang	0.375	1.92	1406	7200
8	3. Trafik Padat	0.341	0.954	1278	3576
9	<b>C. Sore</b>				
10	1. Trafik Kecil	0.58	25.87	2174	97026
11	2. Trafik Sedang	0.353	1.59	1322	5962
12	3. Trafik Padat	0.329	0.635	1232	2380
13	<b>D. Malam</b>				
14	1. Trafik Kecil	0.560	27.91	2248	104672
15	2. Trafik Sedang	0.428	2.287	1605	8576
16	3. Trafik Padat	0.283	0.665	1061	2492

nilai MSE lebih kecil dibanding SNR 3 dB sehingga diketahui semakin tinggi SNR yang digunakan maka *error* akan semakin kecil.

4. Model distribusi untuk data statistik pemakaian kanal HF dari seluruh waktu pengukuran adalah model distribusi exponential karena memiliki nilai *mean square error* (MSE) paling kecil.
5. Dengan membagi kondisi kanal HF dalam trafik kecil, sedang dan padat akan mendapatkan pengaturan waktu masing-masing trafik sehingga akan mempermudah dalam *Management* frekuensi kanal HF.

#### Referensi

- [1] Australian Government. (2007), "Introduction to HF Radio Propagation", IPS Radio and Space Services, Sidney, Australia.
- [2] Harris, (1996), "Radio communications in the digital age", Harris Corporation, RF Communications Division, Vol.1.HF teknologi.
- [3] Hwei P. Hsu. (1997) "Schaum's Outline of Theory and Problems of Probability, Random Variables, and Random Processes" Mc- graw Hill. united state of america.
- [4] Murray R. S., Larry J.S (2007). "Schaum's Outline teori dan soal-soal statistik". edisi ketiga. Erlangga. 2004.
- [5] NATO. (2007). "HF Interference, Procedures and Tools" The Research and Technology Organisation (RTO) of NATO.
- [6] Proakis, J G. (2001), "Digital Communication", MC. *Graw Hill*. Prentice hall.