

PEMODELAN MARKOV UNTUK KANAL HF AVAILABILITY PADA LINK MALANG-SURABAYA

Arif Fathoni¹, Wismanu Susetyo², Gamantyo Hendrantoro³

Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
Kampus ITS Sukolilo Surabaya Indonesia

Email : ¹arif_fathoni84@yahoo.com, ²manoe@vedcmalang.or.id, ³gamantyo@ee.its.ac.id

Abstrak

Tersedianya kanal HF merupakan faktor penting dalam desain dan komunikasi. Model-model ketersediaan kanal HF sebagai fungsi waktu, lokasi geografis, dan aktivitas matahari telah dikembangkan beberapa tahun terakhir. Makalah ini meneliti tentang karakteristik model untuk availability kanal HF pada proses markov. Kanal HF ini bekerja pada frekuensi 3-30 Mhz dan memiliki panjang gelombang 100meter-10meter. Telah dilakukan pengukuran pada kanal HF dari jarak Malang-Surabaya (73 km) menggunakan frekuensi 6.3 Mhz.

Pengukuran telah dilakukan selama 3 bulan (Januari, Februari, Maret 2009) menunjukkan kondisi kanal propagasi HF Malang-Surabaya. Model ditunjukkan dalam gambar grafik membandingkan data pengukuran dengan data analisa dalam model markov. Hasil dari penelitian berguna sebagai parameter keadaan HF link Malang-Surabaya. Data HF dibagi menjadi 4 waktu : pukul 03.00-05.59 WIB; 09.00-11.59 WIB; 15.00-17.59 WIB; 21.00-23.59 WIB, dimana pembagian ini mewakili karakteristik dari kanal HF pada rotasi bumi.

Telah diberikan nilai T (threshold) dalam pengukuran yang bernilai -100.577 dBm. Kanal available apabila daya yang diterima kurang atau sama dengan dari nilai threshold diatas level noise. dan akan bernilai non-available apabila lebih besar dari nilai threshold. Parameter model Markov diambil dua state (available dan non-available) dari daya yang diterima pada pengukuran berdasarkan membandingkan nilai threshold yang ada. Sehingga didapatkan probabilitas transisi state 1 (available) dan state 0 (non-availabe). Sehingga pada akhirnya dibandingkan pemodelan propagasi HF dan pemodelan markov. Untuk waktu pagi hari didapatkan pada pemodelan propagasi $p_{00} = 92.81\%$, $p_{01} = 7.19\%$, $p_{10} = 3\%$ dan $p_{11} = 97\%$ sedangkan pada pemodelan markov $p_{00} = 92.59\%$, $p_{01} = 7.41\%$, $p_{10} = 3.06\%$, dan $p_{11} = 96.94\%$

Kata kunci : kanal HF, model Markov, metode Kolmogorov Smirnov

1. PENDAHULUAN

Pengukuran propagasi kanal dan pemodelan data telah menjadi perhatian sejak awal tahun 1980an. Dengan sifat dari kanal HF yang bekerja pada frekuensi 3-30 Mhz dan memiliki panjang gelombang 100meter-10meter di mana para pengguna bisa mengirimkan propagasi untuk jarak yang cukup jauh karena dapat dipantulkan melalui lapisan ionosfer propagasi HF dengan frekuensi tertentu berdasarkan *International Telekomunikasi Union* (ITU), karena hal tersebut sangat menarik untuk mengembangkan model untuk penggunaan daya pada propagasi HF. Model-model demikian dalam jangka pendek dapat dijadikan peramalan tersedianya kanal untuk komunikasi HF, maupun untuk prediksi jangka panjang dalam manajemen dan evaluasi propagasi pada kanal HF.

Model yang digunakan menggambarkan daya yang diterima pada pengukuran, sebagai fungsi waktu dan lokasi geografis. Q_k didefinisikan sebagai kanal pengukuran untuk beberapa k lokasi dimana daya yang diamati melebihi *threshold* yang ditentukan. Model ini sangat menarik dalam pengetahuan jangka panjang tentang kondisi perambatan HF dan untuk analisis dan perencanaan jaringan komunikasi HF, yang memasukkan faktor lokasi perambatan maupun pola penggunaan daya. Model dapat dikombinasikan dengan program prediksi *skywave* HF untuk menyelidiki efek gangguan dan menghilangnya *shortwave* pada keandalan komunikasi..

Pantjiaros dkk[16] telah meneliti pengukuran pada kanal HF di Eropa sejak tahun 1982, dan memberikan contoh model-model. Satu model adalah model logit Laycock-Gott[15]

$$Q_k = \frac{e^{y_k}}{1 + e^{y_k}}, \quad (1)$$

dimana index y_k adalah fungsi empiris yang rumit dari lokasi geografis, waktu hari, waktu tahun dan jumlah bintang matahari. Model Laylock-Gott memerlukan 25 parameter yang ditentukan dengan mencocokkan model ini dengan data yang diukur di semua lokasi, bersama dengan 95 parameter tambahan yang berhubungan dengan masing-masing dari 95 lokasi pemakai ITU. Ketergantungan waktu pengukuran pada frekuensi pengukuran juga telah diselidiki oleh Chan dkk[4]. dan Gott dkk [14]., menggunakan model logit yang berhubungan. Pengukuran di dua lokasi Eropa telah menunjukkan bahwa ketergantungan frekuensi ini adalah *time invariant* dan tidak tergantung lokasi.[3]

Pendekatan lainnya terhadap pemodelan pengukuran daya adalah untuk menggambarkan statistik tersedianya kanal dalam menarik mempelajari perbedaan daya pada kanal HF waktu tertentu pada suatu lokasi begitu pula pola tersedianya kanal di dalam alokasi ITU suatu frekuensi dan durasi tertentu. Sehingga data statistik ini dapat digunakan sebagai acuan pelengkap praktis yang menggunakan komunikasi pada kanal HF secara efisien dan efektif. Pemodelan kintinu pada kanal HF menggunakan statistik untuk kanal *availability* dilakukan oleh Goutelard dan Caratori[13]. Spaulding dan Hagn yang pertama mengusulkan penggunaan rantai Markov orde pertama untuk memodelkan tersedianya kanal tunggal. Menggunakan pendekatan statistik terhadap uji coba Bernoulli dengan ketergantungan Markov dari [14], Gibson, dan Gibson dan Arnett[11,12] mengembangkannya [24] ke model rantai Markov orde pertama yang menjelaskan korelasi intra-kanal. Pendekatan lain yang mungkin terhadap pemodelan berbagai fenomena radio komunikasi yang tampak sebagai proses stokhastik multidimensi dilaporkan oleh Gibson [10]. Teori dan aplikasi penting model-model Markov multidimensi digambarkan dalam [1,2,5].

Dalam penelitian ini, suatu perluasan model tersedianya *kanal* dari [9] dan [11, 12] diuraikan, yang menjelaskan variasi diurnal dalam kondisi penggunaan dan perambatan daya. Kanal yang *availability* dalam frekuensi yang serupa secara statistik suatu musim tertentu dan masa siklus matahari dimodelkan sebagai rantai Markov orde pertama. Tiga parameter Markov diperlukan dalam model ini, dengan setiap parameter yang dinyatakan sebagai fungsi waktu hari. Tiga parameter yang berhubungan dengan kemungkinan tak bersyarat bahwa kanal tersebut *available*, kemungkinan bersyarat bahwa kanal tersebut *available* asalkan *available* pada waktu sebelumnya, dan kemungkinan bersyarat kanal tersebut *available* asalkan kanal *available* yang berdekatan. Tiga model parameter ini adalah model paling sederhana yang mengizinkan prediksi untuk penggunaan spektrum HF.

Parameter model didapatkan dari data pengukuran kanal HF yang dipancarkan dari Malang ke Surabaya dengan menggunakan frekuensi 6.3 Mhz dan menempuh jarak 74km. Lokasi pemancar di VEDC Malang, daya pancar 100W, hanya memancarkan carrier AM menggunakan transceiver Kenwood TS-850S AT, karena keterbatasan penggunaan alat maka waktu pancar diotomatiskan, yakni pancar ± 3 menit, diam ± 4 menit, menggunakan antena dipole horizontal tinggi 14 m. Sedangkan lokasi penerima di JTE-ITS Surabaya menggunakan Alinco DX-70 sebagai transceiver, mengukur tegangan sinyal melalui tegangan drive AGC (SRF) dengan V meter digital, data logger untuk disimpan di Komputer Sampel pengukuran tiap 10 detik, $T_s=10\text{det}$, $f_m=0,1\text{ Hz}$, menggunakan antena dipole horizontal tinggi 16 meter.

Database pengukuran tersebut yang dicatat di Jurusan Teknik Elektro B306 dan data yang diperoleh tersebut digunakan untuk memperkirakan parameter model kanal *availability* untuk data bulan yang mewakili. Tiga bulan data dipilih untuk mewakili model pada perputaran rotasi bumi tiap harinya, yakni bulan januari-maret 2009. Makalah ini berupaya menemukan model statistik dari *availability* dan non- *availability* dari kanal HF di Surabaya dengan menggunakan model propagasi pengukuran dan model markov, dimana model statistik ini akan diterapkan untuk gambaran sistem komunikasi HF di Indonesia umumnya dan di Surabaya khususnya.

2. MODEL CHANNEL AVAILABILITY

Model Markov di mana parameter model berubah-ubah sebagai fungsi waktu hari untuk menangkap variasi daya, Misalkan $s_j(\tau_i)$ adalah daya yang diterima (dBm) yang diukur pada waktu τ_i pada kanal frekuensi j . Jika $b_j(\tau_i)$ adalah noise level diukur pada kanal ke- j , maka suatu fungsi kanal *availability* biner $x_j(\tau_i)$ bisa didefinisikan dari: [6]

$$X_j(\tau_i) = \begin{cases} 1 & \text{jika } s_j(\tau_i) - b_j(\tau_i) \leq T \\ 0 & \text{jika } s_j(\tau_i) - b_j(\tau_i) > T \end{cases} \quad (2)$$

di mana T adalah nilai threshold yang ditentukan. Yaitu, kanal *availability* ($x = 1$) jika daya yang diukur kurang atau sama dengan dari T di atas tingkat noise level, dan ($x = 0$) jika daya yang diukur lebih dari T .

Data pengukuran daya yang disimpan bisa digunakan untuk memperkirakan parameter dalam suatu model kanal *availability*. Dengan adanya variasi pengukuran yang diamati dalam data, dinyatakan waktu sampel τ_i dalam bentuk :[6]

$$\tau_i(d, h, t_i) = (d - 1)T_d + hT_h + t_i, \quad (3)$$

di mana $d = 1, 2, \dots, D$ mengindekskan D hari dari durasi T_d , $h = 0, 1, \dots, 23$ menunjukkan setiap jam durasi $T_h = T_d/24$ dalam setiap hari, dan di mana $0 \leq t_i < T_h$ menunjukkan waktu sampel dalam setiap jam. Di sini, $i = 0, 1, \dots, N(d, h)$ mengindekskan $N(d, h)$ sampel pada hari d dalam jam h . Fungsi ketersediaan untuk kanal ke- j pada hari d , jam h dan pada waktu sampel t_i maka bisa dituliskan sebagai :[6]

$$x_j(d, h, t_i) = x_j(\tau_i(d, h, t_i)). \quad (4)$$

Tiga parameter Markov digunakan untuk menggambarkan tersedianya kanal dalam setiap berkas N_c kanal

frekuensi yang serupa secara statistik berturut-tan. Kita definisikan kemungkinan

$$p(h) = \Pr[x_j(d, h', t_i) = 1 | h' = h] \quad (5)$$

bahwa suatu kanal tertentu adalah tersedia pada jam h, kemungkinan transisi bersyarat

$$\lambda(h) = \Pr[x_j(d, h', t_i) = 1 | x_j(d, h', t_{i-1}) = 1, h' = h] \quad (6)$$

bahwa suatu kanal tersedia selama jam h, asalkan tersedia pada waktu sampel dalam jam yang sama, dan kemungkinan bersyarat intra-kanal

$$\mu(h) = \Pr[x_j(d, h', t_i) = 1 | x_{j-1}(d, h', t_i) = 1, h' = h] \quad (7)$$

bahwa suatu kanal tersedia pada jam h, asalkan kanal frekuensi yang berdekatan ada.
Dengan memasukkan notasi

$$N(h) = \sum_{d=1}^D N(d, h) \quad (8)$$

untuk jumlah total sampel data dalam jam h untuk seluruh D hari yang diambil sampelnya, perkiraan frekuensi relatif untuk parameter model $p(h)$, $\lambda(h)$, dan $\mu(h)$ masing-masing diberikan dari

$$\hat{p}(h) = \frac{S(h)}{N_c N(h)}, \quad (9)$$

$$\hat{\lambda}(h) = \frac{N(h) r_\lambda(h)}{(N(h) - D) S(h)}, \quad (10)$$

dan

$$\hat{\mu}(h) = \frac{N_c \tau_\mu(h)}{(N_c - 1) S(h)}, \quad (11)$$

di mana

$$S(h) = \sum_{j=1}^{N_c} \sum_{d=1}^D \sum_{i=1}^{N(d,h)} x_j(d, h, t_i), \quad (12)$$

$$\tau_\lambda(h) = \sum_{j=1}^{N_c} \sum_{d=1}^D \sum_{i=2}^{N(d,h)} x_j(d, h, t_{i-1}) x_j(d, h, t_i), \quad (13)$$

dan

$$\tau_\mu(h) = \sum_{d=1}^D \sum_{i=1}^{N(d,h)} \sum_{j=2}^{N_c} x_{j-1}(d, h, t_i) x_j(d, h, t_i). \quad (14)$$

Gibson dan Arnett [11,12] mengenalkan delapan kemungkinan transisi untuk menggambarkan model Markov untuk kanal *availability*. Probabilitas transisi sebagai :

$$\Phi_{klm}(h) = \Pr[x_j(d, h', t_i) = k | x_{j-1}(d, h', t_i) = l, x_j(d, h', t_{i-1}) = m, h' = h], k, l, m = 0, 1. \quad (15)$$

Yaitu, Φ_{klm} menunjukkan kemungkinan bahwa kanal ke-j pada waktu t_i berada dalam keadaan k, asalkan kanal ke-j pada waktu sebelumnya t_{i-1} berada dalam keadaan l dan bahwa kanal ke (j-1) pada waktu t_i berada dalam keadaan m. Khususnya, kemungkinan bersyarat bahwa suatu kanal ada pada jam h, asalkan ia ada pada tingkat waktu sebelumnya dan bahwa kanal yang berdekatan pada tingkat waktu yang sama tersedia, diberikan dari

$$\Lambda(h) = \Phi_{111}(h) = \Pr[x_j(d, h', t_i) = 1 | x_{j-1}(d, h', t_i) = 1, x_j(d, h', t_{i-1}) = 1, h' = h]. \quad (16)$$

Memasukkan $\Lambda(h)$ cukup untuk ekspresi tujuh kemungkinan transisi lain dalam suku $\Lambda(h)$, $p(h)$, $\lambda(h)$ dan $\mu(h)$, seperti yang diuraikan dalam Appendix A. Namun bisa ditunjukkan bahwa,

$$\Lambda^{(1)}(h) = \lambda(h) + (1 - \lambda(h))\rho(h), \quad (17)$$

di mana $\Lambda^{(1)}$ menunjukkan perkiraan orde pertama dari Λ , dan di mana

$$\rho(h) = \frac{\mu(h) - p(h)}{1 - p(h)} \quad (18)$$

adalah koefisien korelasi intra-kanal yang didefinisikan oleh Laycock dkk. model Markov dapat digambarkan untuk orde pertama dalam hal hanya tiga parameter independen, yaitu $p(h)$, $\lambda(h)$ dan $\mu(h)$.

Sebagai pemeriksaan pada validitas perkiraan orde pertama, $\Lambda(h)$ bisa diperkirakan secara langsung dari data menggunakan

$$\hat{\Lambda}(h) = \frac{u(h)}{v(h)}, \quad (19)$$

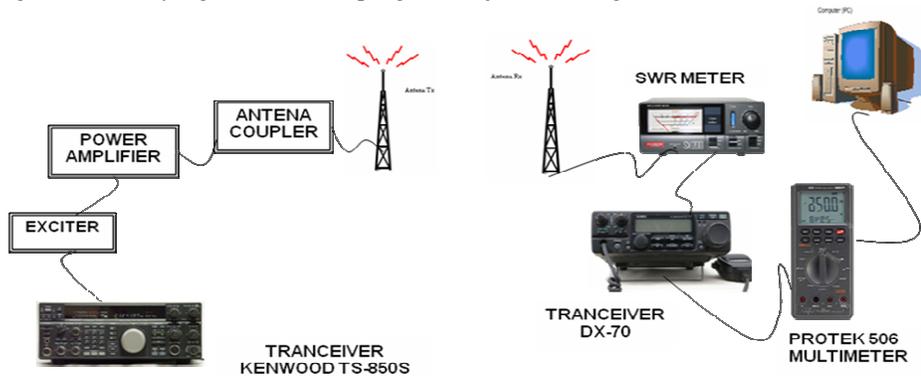
dengan
$$u(h) = \sum_{j=2}^{N_c} \sum_{d=1}^D \sum_{i=2}^{N(d,h)} x_j(d, h, t_{i-1}) x_{j-1}(d, h, t_i) x_j(d, h, t_i) \quad (20)$$

dan
$$v(h) = \sum_{j=2}^{N_c} \sum_{d=1}^D \sum_{i=2}^{N(d,h)} x_j(d, h, t_{i-1}) x_{j-1}(d, h, t_i) \quad (21)$$

3. METODE PENELITIAN

3.1 PENGUKURAN

Proses pengambilan data yang dilakukan dilapangan ditunjukkan oleh gambar 1.



Gambar 1 Diagram blok proses pengukuran gelombang radio HF

Proses pengambilan/pengukuran data tersebut dilakukan dengan cara merekam seluruh sinyal yang ada, baik sinyal asli maupun *noise* pada band frekuensi tertentu selama jangka waktu yang ditentukan. Sinyal-sinyal yang diterima oleh antena penerima (Rx) kemudian diterjemahkan dan direkam oleh *Protek 506 Multimeter digital*. Hasil perekaman tersebut kemudian ditampilkan pada komputer PC dan hasilnya disimpan dalam komputer tersebut dalam bentuk *logfile*. Proses pengambilan/pengukuran data tersebut dilakukan berulang untuk kondisi waktu tertentu dalam setiap harinya. Dalam eksperimen pengukuran gelombang HF yang dilakukan menggunakan band frekuensi 6.300 MHz. dikarenakan dengan menggunakan alat analisis komunikasi radio berbasis statistik VOACAP didapatkan nilai MUF paling baik atau paling sesuai untuk komunikasi pada link malang-surabaya.

3.2 PEMODELAN MARKOV

Metodologi yang digunakan dalam pemodelan ini adalah daya yang diterima di database pengukuran (dBm) tersebut dicari nilai *threshold*-nya sehingga untuk pemodelan markov didapatkan nilai state-state nya dari perbandingan nilai *threshold*. Dari sensititas alat didapatkan nilai *threshold*-nya -100.577 dBm, ketika nilai daya dan *noise* kurang dan sama dengan dari nilai *threshold* akan memiliki state 1 (*availability*) begitu pula sebaliknya untuk nilai daya dan *noise* lebih besar dari nilai *threshold* akan memiliki state 0 (*non-availability*). Daya yang diperoleh tersebut digunakan sebagai acuan dalam pemodelan markov untuk menghasilkan daya yang diterima yang baru dari model tersebut. Dan pada akhirnya dengan menggunakan uji statistik kolmogorov smirnov akan diperoleh kesimpulan antara pemodelan propagasi HF dan pemodelan markov.

Kemudian proses markov tersebut mempunyai keadaan state terhitung. Kemudian dari tiap statenya akan dibentuk dalam probabilitas keadaannya :

$$P_i[n] = P\{X_n = \text{state } i\} \text{ dimana } i = 1, 2, \dots \quad (22)$$

dan probabilitas transisinya

$$\pi_{ij} [n1,n2] = P\{X_{n2} = \text{state } j \mid X_{n1} = \text{state } i\} \quad (23)$$

dengan syarat :

$$\sum_j \pi_{ij} [n1,n2] = 1 \quad (24)$$

dimana :

- $P_i[n]$ adalah probabilitas keadaan dari tiap state kanal availability dan non availability.
- State i adalah keadaan untuk state awal berupa daya pada kanal HF .
- State j adalah keadaan untuk state berikutnya berupa daya pada kanal HF.

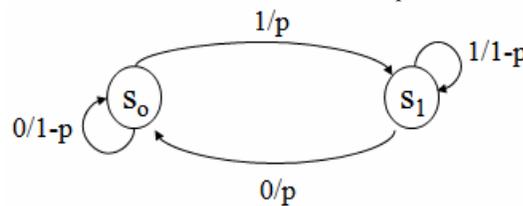
Pada pemodelan markov dengan beberapa state, parameter dari model markov yaitu probabilitas transisi matriks dimana untuk memperolehnya dengan menggunakan persamaan rumus :

$$\rho_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_i} \quad (25)$$

- N_{ij} = banyaknya transisi dari state i ke state j dalam data
- N_i = banyaknya transisi yang dimulai dari i dalam data
- N_j = banyaknya transisi yang berakhir di j dalam data
- N = total banyaknya transisi dalam data

Sumber Informasi Markov q-ary orde ke- m

- Pada suatu waktu yang berubah-ubah output bergantung pada output m sebelumnya
- Sumber dapat merupakan salah satu dari keadaan-keadaan q^m



Gambar 2 State diagram model markov

- s_0 dan s_1 adalah keadaan-keadaan yang mana simbol output sebelumnya dari sumber adalah 0 dan 1
- Tanda panah mendefinisikan transisi di antara keadaan-keadaan
- x/y yang terhubung ke masing-masing tanda panah memberikan besarnya probabilitas y dari suatu transisi berdasarkan pada output x

Untuk menganalisa digunakan CDF dan CCDF. Pengamatan CCDF non-kondisional yaitu merupakan pengamatan pada rentang waktu satu tahun. Sedangkan untuk memperoleh CCDF non-kondisional dalam 1 tahun dilakukan dengan memperoleh nilai normalisasinya seperti berikut:

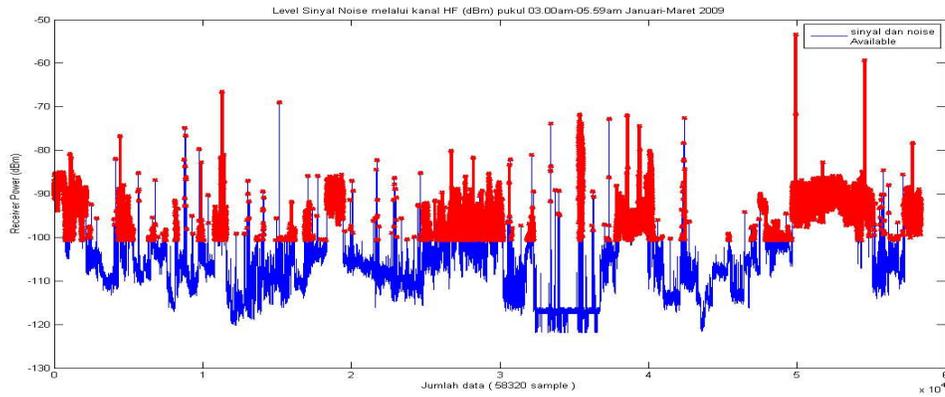
$$CCDF_{non-kondisional} = \frac{\text{Jumlah Sampel}}{365,25 \times 24 \times 60} \times CDF_{kondisional} \quad (26)$$

dimana, CCDF = Complement Cumulatif Distribution Function
CDF = Cumulatif Distribution Function

Adapaun kurva-kurva yang akan dipergunakan nantinya didalam pengerjaan sistem yaitu grafik *Cumulative Distribution Function* (CDF) dan grafik *Complementary Cumulative Distribution Function* (CCDF).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari pengukuran propagasi melalui kanal HF didapatkan data melalui database daya (dBm) dan untuk nilai thresholdnya (T) adalah -100.577dBm. Pemodelan dibagi menjadi 4 waktu : pagi, siang, sore, malam. Pemodelan markov yang digunakan berdasarkan pembagian state nya. Untuk state yang *available* (bernilai 1) apabila daya dibanding noise voltage memiliki nilai kurang atau sama dengan threshold yang diberikan, begitu pula sebaliknya akan *non-available* (bernilai 0) apabila lebih besar dari threshold. Dari analisa data didapatkan :



Gambar 3 Level daya noise yang diterima melalui kanal HF pada pagi hari berdasarkan kanal yang *available* dan *non-available*

Dari gambar 3 didapatkan jumlah sample pengukuran sebesar 58320 sample data, dibangkitkan dalam dBm, jumlah iterasi dari 0 ke 0 adalah 15950x ; dari 0 ke 1 adalah 1236x dari 1 ke 0 adalah 1236x dan dari 1 ke 1 adalah 39897x. Dari data diperoleh nilai minimum daya pengukuran -121.8937 dBm dan nilai maksimum daya pengukuran -53.3972 dBm.

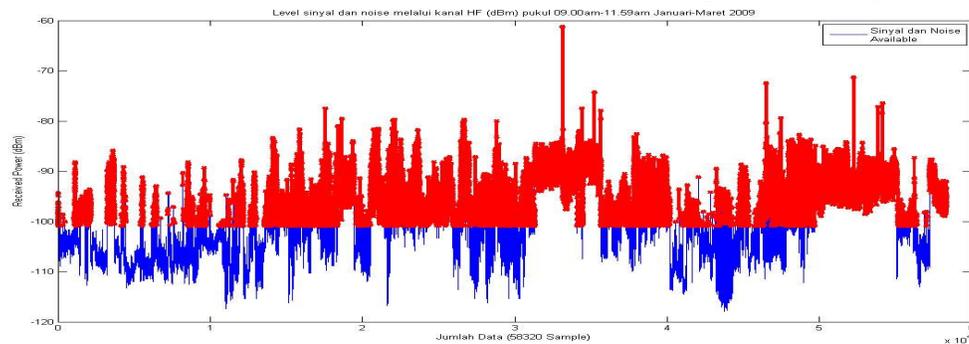
Didapatkan nilai probabilitas transisi model propagasi HF

$$\Pi = \begin{bmatrix} 0.9281 & 0.0719 \\ 0.0300 & 0.9700 \end{bmatrix}$$

Untuk pemodelan markov telah dibangkitkan nilai random acak sebesar 60000

Didapatkan nilai probabilitas transisi model markov

$$\Pi = \begin{bmatrix} 0.9259 & 0.0741 \\ 0.0306 & 0.9694 \end{bmatrix}$$



Gambar 4 Level daya noise yang diterima melalui kanal HF pada siang hari berdasarkan kanal yang *available* dan *non-available*

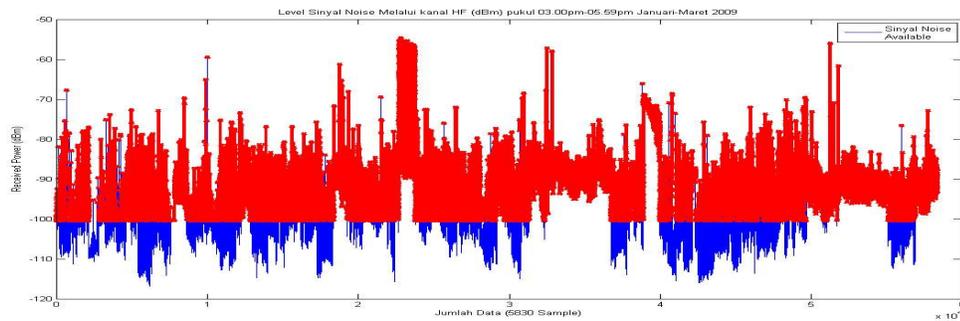
Dari gambar 4 didapatkan jumlah iterasi dari 0 ke 0 adalah 26384x ; dari 0 ke 1 adalah 2407x dari 1 ke 0 adalah 2407x dan dari 1 ke 1 adalah 27121x. Dari data diperoleh nilai minimum daya pengukuran --117.8943 dBm dan nilai maksimum daya pengukuran -61.2528 dBm.

Didapatkan nilai probabilitas transisi model propagasi HF

$$\Pi = \begin{bmatrix} 0.9185 & 0.0815 \\ 0.0836 & 0.9164 \end{bmatrix}$$

Didapatkan nilai probabilitas transisi model markov

$$\Pi = \begin{bmatrix} 0.9174 & 0.0826 \\ 0.0848 & 0.9152 \end{bmatrix}$$



Gambar 5 Level daya noise yang diterima melalui kanal HF pada sore hari berdasarkan kanal yang *available* dan *non-available*

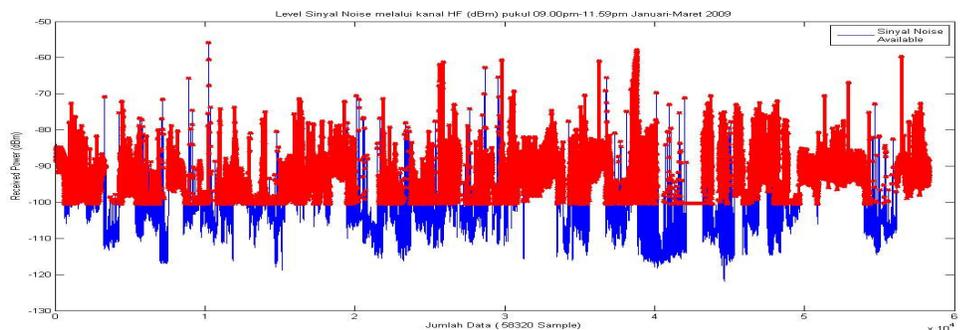
Dari gambar 5 didapatkan jumlah iterasi dari 0 ke 0 adalah 16573x ; dari 0 ke 1 adalah 3665x dari 1 ke 0 adalah 3665x dan dari 1 ke 1 adalah 34416x. Dari data diperoleh nilai minimum daya pengukuran -116.8219 dBm dan nilai maksimum daya pengukuran -54.5811 dBm.

Didapatkan nilai probabilitas transisi model propagasi HF

$$\Pi = \begin{bmatrix} 0.9038 & 0.0962 \\ 0.1811 & 0.8189 \end{bmatrix}$$

Didapatkan nilai probabilitas transisi model markov

$$\Pi = \begin{bmatrix} 0.9041 & 0.0959 \\ 0.1789 & 0.8231 \end{bmatrix}$$



Gambar 6 Level daya noise yang diterima melalui kanal HF pada malam hari berdasarkan kanal yang *available* dan *non-available*

Dari gambar 6 didapatkan jumlah iterasi dari 0 ke 0 adalah 24041x ; dari 0 ke 1 adalah 2222x dari 1 ke 0 adalah 2222x dan dari 1 ke 1 adalah 29834x. Dari data diperoleh nilai minimum daya pengukuran -121.8286 dBm dan nilai maksimum daya pengukuran -55.8540 dBm.

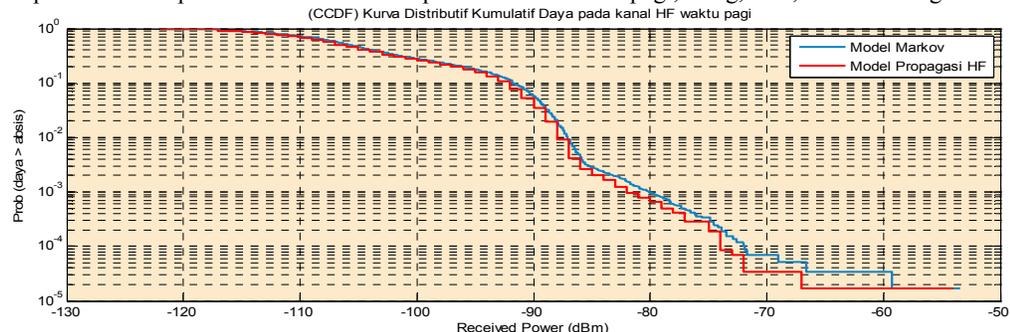
Didapatkan nilai probabilitas transisi model propagasi HF

$$\Pi = \begin{bmatrix} 0.9307 & 0.0693 \\ 0.0846 & 0.9154 \end{bmatrix}$$

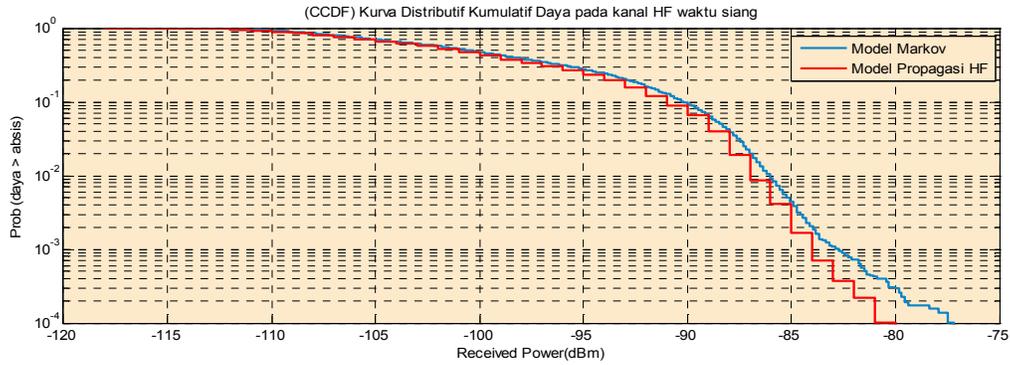
Didapatkan nilai probabilitas transisi model markov

$$\Pi = \begin{bmatrix} 0.9306 & 0.0694 \\ 0.0845 & 0.9155 \end{bmatrix}$$

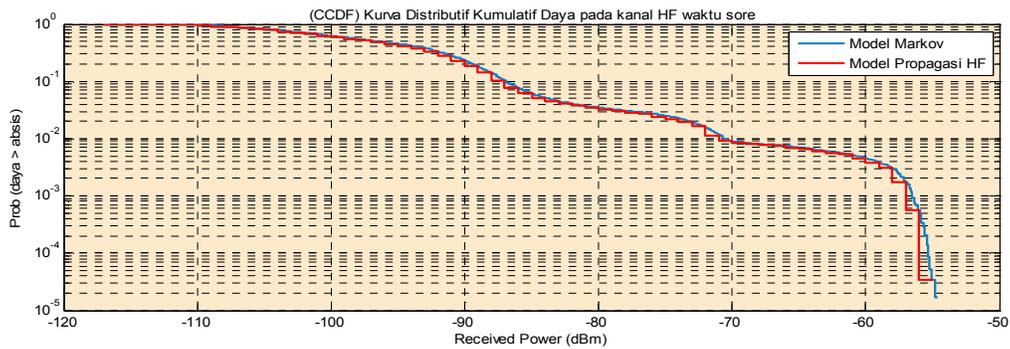
Setelah didapatkan matrik probabilitas transisi didapatkan CCDF untuk pagi, siang, sore, malam sebagai berikut



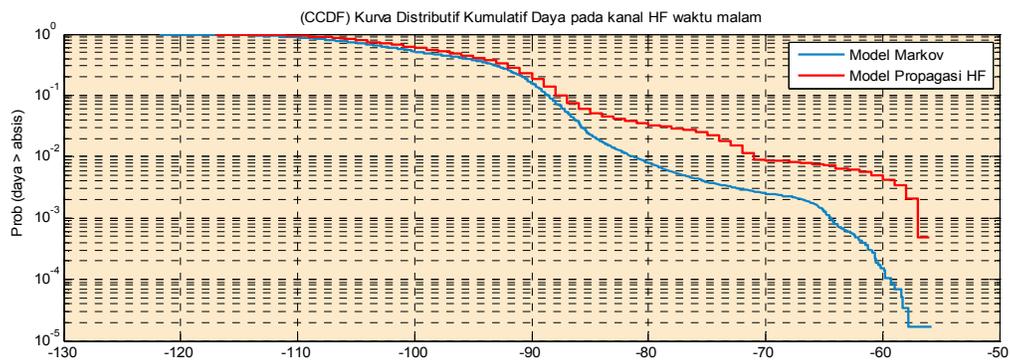
Gambar 7 (CCDF) Kurva Distributif Kumulatif Daya pada kanal HF waktu pagi



Gambar 8 (CCDF) Kurva Distributif Kumulatif Daya pada kanal HF waktu Siang



Gambar 9 (CCDF) Kurva Distributif Kumulatif Daya pada kanal HF waktu Sore



Gambar 10 (CCDF) Kurva Distributif Kumulatif Daya pada kanal HF waktu Malam

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pemodelan propagasi HF dengan menggunakan model Markov , diperoleh nilai statistik standart deviasi dan mean dengan persentase kesalahan yang kecil terhadap perbandingan dengan data lapangan.
2. Level tegangan noise HF pada waktu sore dan malam tinggi, sedangkan pada pagi dan siang hari rendah, perubahan ini sesuai dengan teori propagasi HF yang dipengaruhi oleh kondisi waktu.
3. Nilai CCDF Daya pada kanal HF malam hari memiliki Probabilitas lebih besar dari pagi,siang dan sore hari.
4. Perpindahan level daya dan noise pada kanal *availability* dan *non-availability* pada pagi hari sebagai : $p_{00} = 92.81\%$, $p_{01} = 7.19\%$, $p_{10} = 3\%$ dan $p_{11} = 97\%$ sedangkan pada memodelan markov $p_{00} = 92.59\%$, $p_{01} = 7.41\%$, $p_{10} = 3.06\%$, dan $p_{11} = 96.94\%$; siang hari sebagai : $p_{00} = 91.85\%$, $p_{01} = 8.15\%$, $p_{10} = 8.36\%$ dan $p_{11} = 91.64\%$ sedangkan pada memodelan markov $p_{00} = 91.74\%$, $p_{01} = 8.26\%$, $p_{10} = 8.48\%$, dan $p_{11} = 91.52\%$

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Abend, T.J Harley, and L.N Kanal. Classification of binary random patterns. *IEEE Transactions on Information Theory*, IT-11(4): 538-544, 1965
- [2] P.M.E Altham. Two generalizations of binomial distribution. *Applied statistics*, 162-167,1978.
- [3] M. Broms. Results for measurements of occupancy in Sweden. *Proc HF 92, Nordic shortwave Conference*, pages 311-316, 1992
- [4] S.K. Chan, G.F Gott, P.J Laycock, and C.R Poole. HF spectral occupancy-a joint British/Swedish experiment. *Proc. HF 92, Nordic Shortwave Conference*, pages 299-309,1992
- [5] I-R Chen and S.A Banawan. Modelling and analysis of concurrent maintenance polices for data structures using pointers. *IEEE Transactions on Software Engineering*,19(9):902-911,1993
- [6] D.J Percival, "A Markov Model for Channel Avaibility in Central Australia", DSTO Electronics and Surveillance Research Labolatory,1997
- [7] Stephen Tsai, Markov Characterization of the HF Channel, *IEEE Transactions on Communication Technology*, Februari 1969
- [8] National telecommunication and Information (NTIA), "High Frequency Radio Automatic Link Establishment (ALE) Application Handbook", Annex 1.pdf, pp. 2
- [9] A.J. Gibson. A statistical model of spectrum occupancy. *NRPP Research Note*,142,1993
- [10] A.J. Gibson. Association and predictive models. *NRPP Researc Note*,147,1994
- [11] A.J Gibson and L. Arnett. Statistical modeling of spectrum occupancy. *Electronics Letters*
- [12] A.J Gibson and L.Arnett. Measurement and statistical modeling of spectrum occupancy. *IEE Sixth International HF Conference Publication*,392:150-154,1994
- [13] C. Goutelard and J. Caratori. Time modeling of HF interfaces. *IEE Fifth International HF Conference Publication*, 1991
- [14] J. Klotz. *Statistical inference in Bernoulli trials with depence. The Annals of statistics*, 1973
- [15] G.F Gott. N.F. Wong, and S Dutta. Occupancy measurements across the entire HF spectrum. *NATO AGARD Conference Proceedings*,1982
- [16] C.A Pantjaros, J.A. Whlie, G.F Gott, P.J. Laycock, and M Broms. European HF occupancy experiment, *Nordic Shortwave Conference*, 1995