

ANALISIS KINERJA SPEKTRUM *SENSING* MENGUNAKAN METODE *ENERGY DETECTION* PADA *COGNITIVE RADIO*

Elvis Pandapotan Sinaga, Rahmad Fauzi

Konsentrasi Teknik Telekomunikasi, Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara (USU)
Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155 INDONESIA
e-mail : elvis.sinaga@gmail.com

Abstrak

Upaya efisiensi spektrum menjadi sangat penting dalam dunia telekomunikasi nirkabel, sehingga muncul sistem baru yaitu sistem *Cognitive Radio*, suatu sistem manajemen spektrum secara dinamis, dimana rentang band frekuensi bebas digunakan oleh *secondary user* saat tidak dipakai *primary user*. Tulisan ini membahas salah satu bagian penting dalam sistem *Cognitive Radio* yaitu teknik *spectrum sensing* dengan metode *Energy Detection*. *Spectrum sensing* merupakan teknik yang digunakan untuk mendeteksi kehadiran transmisi *primary user* pada band frekuensi kerjanya. Ada 3 metode utama dalam *spectrum sensing* yaitu: *energy detection*, *matched filter detection* dan *cyclostationary feature detection*. Analisis kinerja metode *energy detection* dalam mendeteksi spektrum frekuensi FM pada *cognitive radio* dilakukan dengan mendeteksi kehadiran *primary user* dengan menghitung besar daya sinyal yang diterima kemudian membandingkan hasilnya dengan perhitungan nilai ambang batas deteksi sinyal teori Neyman-Pearson. Program simulasi dibuat dengan bantuan bahasa pemrograman *software* simulasi. Dari analisis yang dilakukan diperoleh bahwa dengan menggunakan metode *Energy Detection* dengan dua algoritma PSD yaitu, PSD *Periodogram* dan PSD *Welch* memiliki tingkat keakuratan yang sama dalam mendeteksi *Primary User* yaitu pada semua tingkat kenaikan presentase pembangkitan data sebesar 10% hingga 100% jumlah *primary user* yang dideteksi berturut-turut adalah 5, 10, 15, 20, 25, 30, 34, 39, 44, dan 50 *primary user*.

Kata Kunci : *Cognitive Radio*, *Energy Detection*

1. Pendahuluan

Teknologi dan kecepatan akses data dalam dunia telekomunikasi tidak terlepas dari penggunaan akan spektrum frekuensi. Semakin besar interval frekuensi yang didapatkan maka semakin tinggi pula kecepatan data (*data rate*) yang bisa diperoleh sehingga diperlukan spektrum frekuensi yang besar pula. Namun sayangnya ketersediaan spektrum frekuensi tidak bertambah mengingat spektrum frekuensi sebagai sumber daya alam yang terbatas sehingga tidak dapat dipungkiri spektrum frekuensi tersebut akan mengalami kepadatan. Berdasarkan hasil studi yang dilakukan oleh ITU kemajuan suatu Negara terutama dibidang ICT ditentukan oleh pengelolaan spektrum frekuensi yang efektif dan efisien.

2. Studi Pustaka

2.1 *Cognitive Radio*

Cognitive Radio adalah sebuah sistem yang dapat memahami lingkungan komunikasinya dan dapat mengatur parameternya secara optimal dalam melakukan proses komunikasi[1]. Istilah *cognitive radio* pertama

sekali diperkenalkan oleh Dr. Joseph Mitola III pada disertasinya tahun 2000 yang memperkenalkan konsep *Software Define Radio* (SDR) pada dunia telekomunikasi.

Dengan sistem *cognitive radio*, pengguna lain (*secondary user*) dapat menggunakan spektrum frekuensi dari pengguna utama (*primary user*) yang memiliki lisensi atas spektrum tersebut ketika sedang tidak dipakai (kosong) sehingga diharapkan dapat menanggulangi masalah pengelolaan spektrum frekuensi. *Secondary user* juga dituntut memiliki kemampuan dalam mencari spektrum yang tidak terpakai dalam sebuah sistem komunikasi, dan mampu memanfaatkan spektrum tersebut tanpa harus menyebabkan gangguan seperti interferensi terhadap sistem yang sudah ada.

2.2 Teknik *Spectrum Sensing*

Salah satu tantangan utama yang dihadapi dalam mengimplementasikan teknologi *Cognitive Radio* adalah kemampuan sistem melakukan *spectrum sensing*. Dengan menggunakan teknik *spectrum sensing*

diharapkan sistem mampu mengukur dan menyesuaikan sistem dengan karakteristik dan kemampuan spektrum yang ada serta mengetahui kemampuan sistem terhadap lingkungannya. Kondisi – kondisi tersebut di atas juga dipengaruhi oleh waktu, letak geografi, metode pengkodeannya, dan penggunaan spektrum frekuensi[2].

Ada beberapa metode deteksi sinyal yang dikenal yang dapat digunakan dalam menentukan keberadaan sinyal pada spektrum frekuensi dari *primary user*. Beberapa metode diantaranya *energy detection*, *matched filter detection*, dan *cyclostationary detection*.

2.3 Metode Energy Detection

Teknik *spectrum sensing* menggunakan metode *energy detection* merupakan metode yang cukup umum dimana ciri sistem ini tidak memerlukan terlebih dahulu sejumlah informasi tentang sinyal yang akan dideteksi. Oleh karena itu, teknik ini independen dari sinyal dan dapat digunakan untuk mendeteksi sinyal apapun. Dengan demikian, metode *energy detection* tidak dapat membedakan data antar sinyal. Dimana, metode ini hanya akan membandingkan level daya sinyal tersebut dengan level threshold. Untuk menetapkan level threshold, *energy detection* memerlukan pemahaman akan parameter-parameter seperti besar noise pada kanal transmisi. Hasil perbandingan level daya sinyal tersebut digunakan untuk mengetahui kehadiran atau ketidakhadiran sinyal *primary user*[3]. Untuk menghitung besar daya sinyal yang diterima, maka digunakan dua metode PSD untuk menguraikan sinyal yang diterima agar dapat dihitung masing-masing daya sinyal. *Power Spectral Density* (PSD) adalah metode yang banyak digunakan untuk menganalisis hasil sinyal keluaran. *Power Spectral Density* menggambarkan bagaimana daya dari sebuah sinyal atau waktu yang ada didistribusikan terhadap frekuensi. PSD merupakan fungsi positif dari suatu frekuensi. Dimensi yang dimiliki dari PSD adalah daya per Hz, biasa disebut sebagai spektrum dari sinyal. *Power Spectral Density* (PSD) biasanya ditunjukkan untuk spektral yang kontiniu[4]. Dua metode PSD yang dipakai adalah PSD *Periodogram* dan PSD *Welch*.

2.4 PSD Periodogram

Periodogram merupakan salah satu jenis PSD non parametrik. Dalam menelaah

periodesitas data dilakukan terhadap frekuensi yang berpasangan dengan titik-titik puncak garis spektrumnya. Fungsi spektrum kuasa atas frekuensi inilah yang dinamakan Periodogram. Sedangkan persamaan (1) untuk menghitung periodogram[5].

$$\hat{S}_p(e^{-j\omega n}) = \frac{1}{N} \left| \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{-j\omega n} \right|^2 \quad (1)$$

2.5 PSD Welch

Metode ini pertama sekali dikemukakan oleh Welch (1967). Isyarat masukan dibagi menjadi segmen-segmen yang pendek dan perhitungan periodogram dilakukan berdasarkan perhitungan FFT, dengan demikian untuk mencari estimasi spektrum daya dapat dilakukan dengan perhitungan yang lebih efisien. Setiap segmen data dimodifikasi dengan mengalikan pada suatu fungsi jendela (*window*), sebelum dilakukan perhitungan periodogram. Selanjutnya periodogram yang telah dimodifikasi ini dirata-ratakan dan akan menghasilkan estimasi spektrum yang lebih baik. Untuk metode *Welch*, PSD dihitung dengan Persamaan (2) mempertimbangkan nilai estimasi *Periodogram* nya[5].

$$\hat{S}_w(e^{j\omega}) = \frac{1}{K} \sum_{p=0}^{K-1} \hat{S}_p e^{j\omega p} \quad (2)$$

Dari masing – masing PSD di atas akan digunakan dalam mendeteksi spektrum frekuensi dari FM radio.

2.6 Threshold (Ambang Batas)

Dalam mendeteksi keberadaan sinyal spektrum dari frekuensi *wireless* PU maka diperlukan pertimbangan keadaan dengan dua hipotesa. Persamaan (3) adalah hipotesis yang digunakan dalam menentukan keberadaan sinyal[3].

$$\begin{aligned} H_0: x(t) &= n(t) \\ H_1: x(t) &= s(t) + n(t) \end{aligned} \quad (3)$$

Dimana H_0 adalah hipotesis nol, H_1 adalah hipotesis alternatif.

Untuk menentukan besar nilai threshold maka dapat dihitung menurut teori Neyman-Pearson yang dirumuskan dalam Persamaan (4), dimana nilai threshold dipengaruhi algoritma PSD yang digunakan[6]:

$$\lambda = \sigma_\omega^2 (Q^{-1}(P_{fa})\sqrt{2N} + N) \quad (4)$$

Dimana λ adalah *threshold*, N adalah rentang pengamatan data, P_f adalah *Probability of False Alarm* dan σ_ω^2 adalah variansi sinyal yang diterima.

Sehingga dari persamaan (4) diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

Jika

$C_I \leq \lambda$: hasil H_0 (PU Present/digunakan)

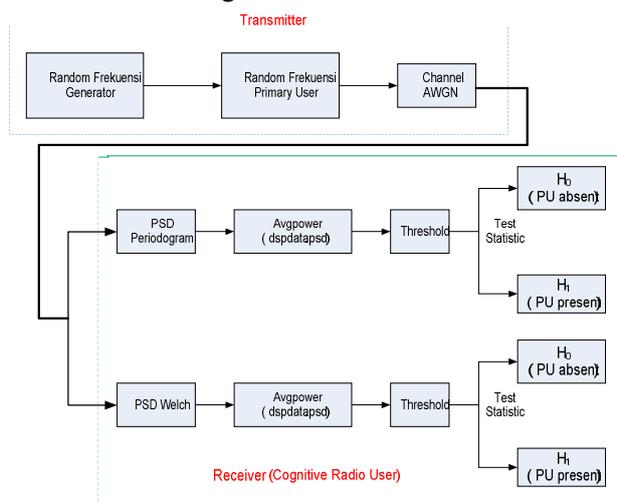
atau

$C_I > \lambda$: hasil H_1 (PU Absent/tidak digunakan)

3. Metodologi Penelitian

3.1 Model Sistem

Model sistem *cognitive radio* yang akan dianalisis terdiri dari tiga blok utama yaitu pembangkitan *random* frekuensi analog pada *transmitter*, *energy detection*, dan *threshold*. Model sistem tersebut terlihat seperti Gambar 1. Frekuensi kerja yang dipakai dalam tulisan ini adalah sinyal FM 87,5 – 108 MHz dibagi kedalam 50 kanal frekuensi. Aplikasi penggunaan sistem sinyal FM yang paling umum adalah untuk keperluan penyiaran stasiun Radio. Sinyal PU dibangkitkan secara acak dari masing-masing kanal. Sinyal yang dibangkitkan menggunakan masing-masing nilai frekuensi tengah kanal.



Gambar 1. Model Sistem *Energy detection*

3.2 Skenario Simulasi

Percobaan pembangkitan sinyal PU untuk kedua jenis PSD dilakukan sebanyak 10 kali, dimana pembangkitan sinyal PU dimulai dari 10% dari total 50 kanal frekuensi sinyal PU, kemudian dilanjutkan dengan percobaan pembangkitan dengan kenaikan 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% dan 100% dari total 50 kanal frekuensi sinyal PU. Keseluruhan simulasi pembangkitan sinyal PU dilakukan secara acak pada *software* simulasi.

Sinyal *primary user* yang dibangkitkan merupakan sinyal analog dari frekuensi FM. Sinyal dari *primary user* akan diberi gangguan

berupa *noise* dengan penambahan AWGN (*Additive White Gaussian Noise*) yang dapat diasumsikan sebagai sinyal yang periodik dan dirumuskan pada persamaan (5).

$$x(t) = s(t) + n(t) = \alpha e^{f(2\pi f_c t + \theta)} + n(t) \quad (5)$$

$s(t)$ adalah sinyal yang dikirim oleh PU, $n(t)$ adalah sinyal *noise* (AWGN), f_c adalah frekuensi pembawa, dan α adalah frekuensi *cyclic*.

Sinyal *primary user* yang dideteksi kemudian akan diproses untuk menghitung daya sinyal dengan metode algoritma PSD. Kemudian besar daya sinyal yang dihitung akan dibandingkan dengan nilai ambang batas daya sinyal untuk menentukan kehadiran dan kekosongan sinyal pada kanal frekuensi.

3.3 Parameter Data

Untuk melakukan simulasi dengan menggunakan metode *energy detection* dalam mendeteksi sinyal dari PU diperlukan parameter *input*. Adapun parameter *input* yang digunakan seperti yang terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Parameter

No	Jenis Parameter	Keterangan
1	Metode deteksi	<i>Energy Detection</i>
2	Band frekuensi radio FM	87,5 – 108 MHz (dibagi kedalam 50 kanal frekuensi)
3	Jenis <i>window</i>	<i>Rectangular window</i>
4	Frekuensi <i>Sampling</i>	3*108MHz
5	Jenis PSD	PSD Periodogram dan PSD Welch

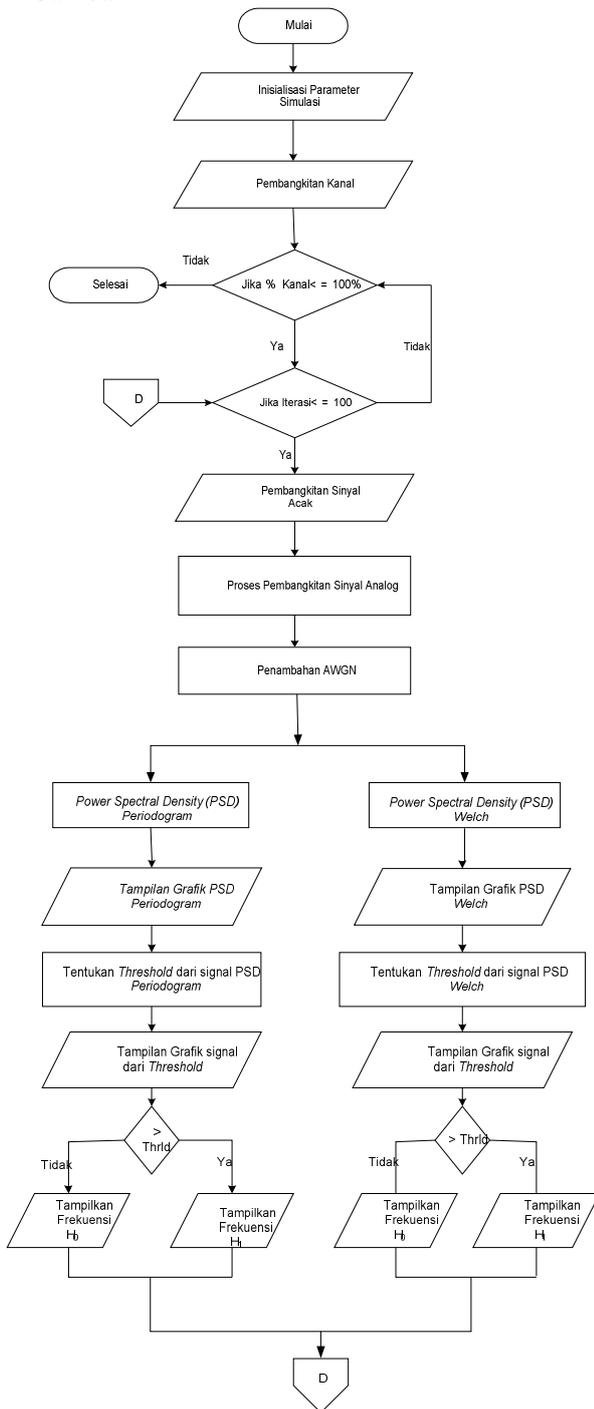
Untuk dapat mendeteksi sinyal *wireless* dengan baik maka diperlukan beberapa parameter yang dapat diubah-ubah. Parameter ubah tersebut akan digunakan untuk mencari nilai yang terbaik sehingga hasil yang diperoleh juga akan jauh lebih baik. Adapun parameter ubah untuk *input* sinyal yang digunakan sesuai dengan hasil simulasi yang telah dilakukan seperti yang terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter Ubah

No	Jenis Parameter	Nilai
1	SNR	10 dB
2	Ukuran NFFT	512
3	Pf (<i>Probability of False</i>)	0.1

3.4 Algoritma Pemrograman

Diagram Algoritma Simulasi seperti Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir kinerja *spectrum sensing* menggunakan metode *energy detection* dua PSD

4. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil keluaran simulasi, maka kemampuan masing-masing PSD dapat dijelaskan dari data hasil simulasi dalam Tabel 3 dan Tabel 4.

a. Analisis *Energy Detection* menggunakan PSD Periodogram

Tabel 3. Menggunakan PSD *Periodogram*

Persentase kanal dibangkitkan	Jumlah kanal frek. acak	Jumlah PU yang hadir	Keterangan kanal frekuensi yang hadir
10%	5	5	Kanal 6, 15, 21, 22, 25
20%	10	10	Kanal 3,7,16, 20, 24, 26, 33, 35, 36, 48
30%	15	15	Kanal 7, 10, 14, 18, 19, 24, 28, 30, 34, 36, 39, 44, 46, 48, 50
40%	20	20	Kanal 1, 4, 6, 7, 9, 12, 14, 16, 19, 20, 21, 24, 25, 33, 34, 41, 42, 44, 46, 47
50%	25	25	Kanal 4, 6, 8, 9, 15, 17-21, 26, 27, 29, 20, 31, 32, 34, 36, 39, 41, 42, 43, 47, 48, 49
60%	30	30	Kanal 1-6, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 23, 25, 26, 29, 30, 31, 32, 34, 38-43, 45, 48, 49
70%	35	34	Kanal 1, 2, 4, 6-11, 13, 14, 15, 17-22, 24, 25, 27, 29, 30, 31, 33, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 44, 46, 48
80%	40	39	Kanal 1-13, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 23-31, 33, 34, 35, 36, 38, 40, 41, 42, 44, 45, 48
90%	45	44	Kanal 1-13, 15, 16, 18-29, 31, 32, 33, 35, 36, 38, 39, 41-50
100%	50	50	Kanal 1-50

Dari simulasi ini PSD *Periodogram* memiliki kemampuan mendeteksi yang cukup akurat, dimana pada saat data masukannya dibangkitkan saat presentasi 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 100% dimana jumlah kanal frekuensi acak yang diperoleh mampu dideteksi secara keseluruhan dimana jumlah *primary user* yang dideteksi pada PSD ini yaitu 5 PU, 10 PU, 15 PU, 20 PU, 25 PU, 30 PU, 50 PU.

b. Analisis *Energy Detection* menggunakan PSD Welch.

Tabel 4. Menggunakan PSD *Welch*

Persentase kanal dibangkitkan	Jumlah kanal frek. acak	Jumlah PU yang hadir	Keterangan kanal frekuensi yang hadir
10%	5	5	Kanal 6, 15, 21, 22, 25
20%	10	10	Kanal 3,7,16, 20, 24, 26, 33, 35, 36, 48
30%	15	15	Kanal 7, 10, 14, 18, 19, 24, 28, 30, 34, 36, 39, 44, 46, 48, 50
40%	20	20	Kanal 1, 4, 6, 7, 9, 12, 14, 16, 19, 20, 21, 24, 25, 33, 34, 41, 42, 44, 46, 47
50%	25	25	Kanal 4, 6, 8, 9, 15, 17-21, 26, 27, 29, 20, 31, 32, 34, 36, 39, 41, 42, 43, 47, 48, 49

60%	30	30	Kanal 1-6, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 23, 25, 26, 29, 30, 31, 32, 34, 38-43, 45, 48, 49
70%	35	34	Kanal 1, 2, 4, 6-11, 13, 14, 15, 17-22, 24, 25, 27, 29, 30, 31, 33, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 44, 46, 48
80%	40	39	Kanal 1-13, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 23-31, 33, 34, 35, 36, 38, 40, 41, 42, 44, 45, 48
90%	45	44	Kanal 1-13, 15, 16, 18-29, 31, 32, 33, 35, 36, 38, 39, 41-50
100%	50	50	Kanal 1-50

Dari simulasi ini PSD *welch* memiliki kemampuan mendeteksi yang cukup akurat, dimana pada saat data masukannya dibangkitkan saat presentasi 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% 100% dimana jumlah kanal frekuensi acak yang diperoleh mampu dideteksi secara keseluruhan dimana jumlah *primary user* yang dideteksi pada PSD ini yaitu 5 PU, 10 PU, 15 PU, 20 PU, 25 PU, 30 PU, 50 PU.

5. Kesimpulan

Dari hasil pembahasan yang dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan, diantaranya adalah:

1. Dengan berbagai macam metode *Power Spectral Density* (PSD) yang ada sangat mempermudah dalam penganalisisan spektrum hasil keluaran.
2. Nilai *threshold* sangat mempengaruhi penetapan hadir atau tidaknya *primary user* dalam suatu sistem. Dimana besarnya *threshold* tergantung dari nilai data yang dimiliki masing-masing PSD.
3. Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan menggunakan dua macam algoritma PSD yaitu : *Periodogram* dan *Welch* diketahui bahwa ke dua PSD tersebut memiliki tingkat kinerja dengan keakuratan yang sama baik untuk setiap kenaikan presentasi data masukan dalam mendeteksi kehadiran *primary user*.
4. Masing-masing besar daya sinyal yang didapat dari kedua metode PSD tidak sama, namun perbedaan besarnya nilai daya sinyal tersebut tidak terlalu jauh berbeda.

6. Referensi

- [1] Alaydrus, Mudrik. 2010. Cognitive Radio : Sistim Radio Cerdas . Magister

Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana.

- [2] Siddhart Jhainand Ravi Baid Jain. 2011. “*Spectrum Sensing Methode in Cognitive Radio*”, Thesis. Department of Electronics and Communication Engineering, National Institute of Technology.
- [3] Sequeira, Samson. 2011. “*Energy Based Spectrum Sensing For Enabling Dynamic Spectrum Access In Cognitive Radios*”. University of New Jersey.
- [4] Subhedar, Mansi and Gajanan Birajdar. Juni 2011. “*Spectrum Sensing Techniques in Cognitive Radio Networks: A Suvey*”. International Journal of Next-Generation Networks (IJNGN), Vol.3, No.2.
- [5] Poularikans, Alexander D dan Zayed M. Ramadan. 2006. “*Adaptive Filtering Primer with Matlab*”. Taylor & Francis Group.
- [6] Plata, Daniela dan Angel G.A. Reatiga. 2012. “*Evaluation of energy detection for spectrum sensing based on the dynamic selection of detection-threshol*”d. Elsevier Ltd. Mexico