

# ANALISIS KINERJA SPEKTRUM *SENSING* MENGGUNAKAN METODE *CYCLOSTATIONARY* PADA *COGNITIVE RADIO*

Dedi Harianto Panjaitan, Rahmad Fauzi

Konsentrasi Teknik Telekomunikasi, Departemen Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara (USU)  
Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155 Indonesia  
e-mail: m3\_dedi7788@students.usu.ac.id

## Abstrak

Penggunaan spektrum frekuensi dalam dunia telekomunikasi nirkabel (*wireless communication*) berperan sangat penting, karena melalui spektrum inilah data bisa dikirimkan. Di sisi lain penggunaan frekuensi yang maksimal dapat mengakibatkan terjadinya interferensi sehingga dibutuhkan sebuah sistem yang dapat mengatur pengelolaan spektrum frekuensi yang terbatas itu. Dengan sistem *cognitive radio*, pengguna lain (*secondary user*) dapat menggunakan spektrum frekuensi dari pengguna utama (*primary user*) ketika sedang tidak dipakai (kosong) sehingga diharapkan dapat menanggulangi masalah pengelolaan spektrum frekuensi. Analisis kinerja metode *cyclostationary* dalam mendeteksi spektrum frekuensi FM pada *cognitive radio* dilakukan dengan mendeteksi kehadiran *primary user* kemudian membandingkan hasilnya menggunakan tiga window yaitu *Window Hamming*, *Window Blackman*, dan *Window Kaiser* dalam bahasa pemrograman MATLAB R2011b. Dari analisa yang dilakukan diperoleh bahwa dengan menggunakan *Window Kaiser* lebih sensitif dalam mendeteksi *Primary User* yaitu pada tingkat kenaikan presentase pembangkitan data sebesar 60%, 70%, dan 80% yaitu sebanyak 30, 35, dan 40 *primary user*. Dengan menggunakan *window Blackman* hanya mampu mendeteksi *Primary user* pada tingkat kenaikan 80 % dan 50 % dengan jumlah kanal frekuensi 40 dan 50. Sedangkan *Window Hamming* pada tingkat kenaikan 100% saja dengan jumlah kanal frekuensi acak 50 dari rentang band frekuensi FM radio yang ditetapkan yaitu dari 87,5 sampai 108 MHz.

**Kata Kunci:** *Cognitive Radio, Spektrum Sensing, Metode Cyclostationary, Window*

## 1. Pendahuluan

Penggunaan spektrum frekuensi dalam dunia telekomunikasi nirkabel (*wireless communication*) berperan sangat penting, karena melalui spektrum inilah data bisa dikirimkan, semakin besar interval frekuensi yang didapatkan semakin tinggi pula kecepatan data (*data rate*) yang bisa diperoleh. Oleh karena itu, penggunaan akan spektrum sangat penting dan merupakan sumber daya yang terbatas sehingga penggunaannya harus dilakukan secara efisien dan semaksimal mungkin.

*Cognitive Radio* adalah sebuah sistem yang dapat memahami lingkungan komunikasinya dan dapat mengatur parameternya secara optimal dalam melakukan proses komunikasi. Istilah *cognitive radio* pertama sekali diperkenalkan oleh Dr. Joseph Mitolla 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*) ketika sedang tidak dipakai (kosong) sehingga diharapkan dapat menanggulangi masalah pengelolaan spektrum frekuensi.

## 2. Spektrum Frekuensi

Kecepatan akan 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 spectrum frekuensi yang besar pula. Namun sayangnya ketersediaan spektrum frekuensi tidak bertambah sehingga membuat spektrum frekuensi sebagai sumber daya alam yang terbatas [2] 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.

### 3. Teknik Spektrum Sensing

Tantangan yang dihadapi pada sistem *cognitive radio* adalah *secondary user* harus dapat mendeteksi spektrum frekuensi dari *primary user*. Jika *primary user* tidak menggunakan spektrum frekuensinya maka *secondary user* harus sesegera mungkin menyesuaikan sistem kemudian langsung menggunakan spektrum frekuensinya dan apabila *primary user* akan menggunakan spektrum frekuensinya kembali maka *secondary user* harus sesegera mungkin melepas spektrum frekuensinya agar tidak terjadi interferensi dengan *primary user*. Teknik tersebut dinamakan dengan teknik spektrum *sensing*. Teknik spektrum *sensing* inilah yang menjadi dasar dari sistem *cognitive radio*<sup>[8]</sup>.

Dengan menggunakan teknik spektrum *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<sup>[9]</sup>.

Dalam mendeteksi spektrum frekuensi dari *primary user* dapat dilakukan dengan beberapa cara diantaranya *energy detection*, *matched filter detection*, dan *cyclostationary detection*.

### 4. Metode Cyclostationary

*Cyclostationary* merupakan metode pendeteksi sinyal yang dikirim dari *primary user* dengan memanfaatkan sinyal yang diterima dari *receiver*<sup>[8]</sup>.

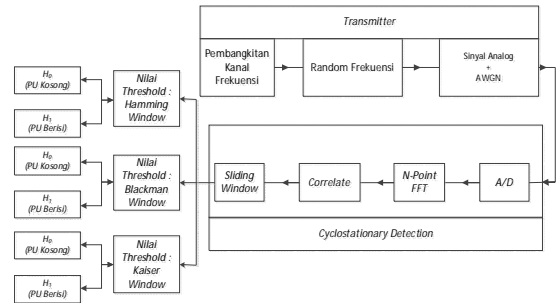
Metode pendeteksi menggunakan *cyclostationary* memanfaatkan periodisitas dari sinyal primer yang diterima untuk mengidentifikasi keberadaan *primary user*. Periodisitas tersebut biasanya terdapat pada sinyal pembawa sinusoidal, *spreading code*, *hopping sequence*, atau pada *cyclic prefix* dari sinyal *primary user*<sup>[13]</sup>.

Keuntungan utama dari penggunaan *cyclostationary* ini adalah dapat memisahkan sinyal *noise* dari sinyal yang telah dimodulasi sehingga membuat metode ini lebih kuat terhadap *noise* dibandingkan dengan metode pendeteksi sinyal lainnya. Selain itu juga, metode ini sangat baik untuk lingkungan SNR yang rendah<sup>[11]</sup>.

### 5. Analisis Spektrum Frekuensi

Model sistem *cognitive radio* yang akan dianalisis terdiri dari tiga blok utama yaitu pembangkitan *random* frekuensi analog pada

*transmitter*, *cyclostationary detection*, dan *threshold*. Model sistem tersebut terlihat seperti gambar 5.1 berikut ini.



Gambar 5.1 Model Sistem Cyclostationary

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 sebagai berikut:

$$x(t) = s(t) + n(t) = \alpha e^{f(2\pi f_c t + \theta)} + n(t) \quad (1)$$

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

#### 5.1 Window

*Window* digunakan untuk memilih frekuensi yang ideal yang diperlukan dalam menganalisa sinyal. Pada sistem ini, digunakan tiga jenis *window* dalam mendeteksi PU yaitu, *Hamming*, *Blackman*, dan *Kaiser* [16].

Persamaan dari *Hamming window* adalah:

$$w(n) = \begin{cases} 0.54 - 0.46 \cos\left(\frac{2\pi n}{q}\right) & 0 \leq n \leq q \\ 0 & \text{lainnya} \end{cases} \quad (2)$$

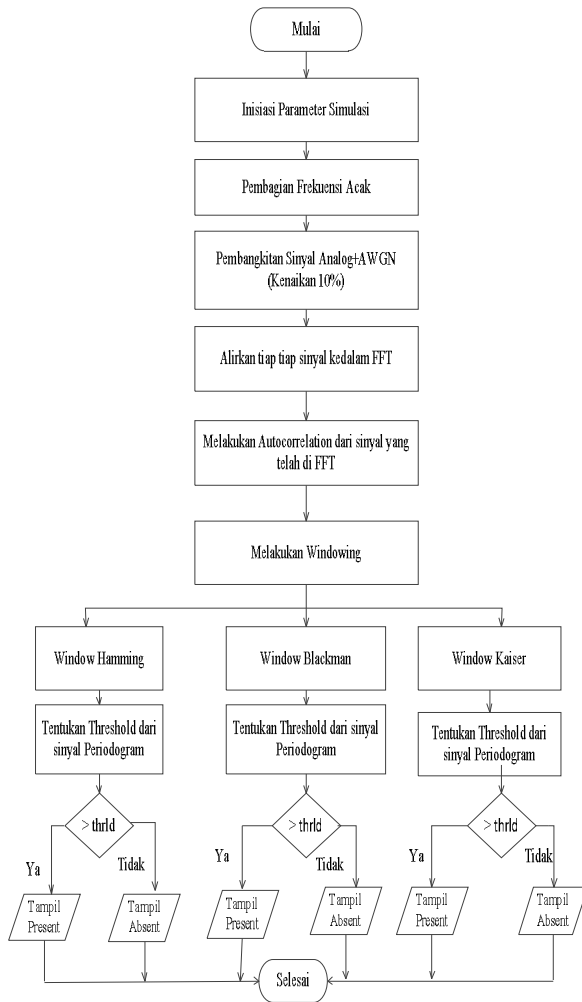
Persamaan dari *Blackman window* adalah:

$$w(n) = \begin{cases} 0.42 - 0.5 \cos\left(\frac{2\pi n}{q}\right) + 0.08 \cos\left(\frac{4\pi n}{q}\right) & 0 \leq n \leq q \\ 0 & \text{lainnya} \end{cases} \quad (3)$$

Sedangkan untuk *Kaiser window* persamaannya adalah:

$$w(n) = \begin{cases} l_0 \left( \beta \sqrt{1 - \left[1 - \frac{n}{q/2}\right]^2} \right) & 0 \leq n \leq q \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases} \quad (4)$$

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



**Gambar 5.2** Diagram Alir kinerja spektrum sensing menggunakan metode cyclostationary pada cognitive radio dengan tiga window

**5.2 Parameter Data**

Untuk melakukan simulasi dengan menggunakan metode cyclostationary dalam mendeteksi sinyal dari PU diperlukan parameter input. Adapun parameter input yang digunakan seperti yang terlihat pada tabel 5.1.

**Tabel 5.1 Parameter Input**

No	Jenis Parameter	Keterangan
1	Metode deteksi	Cyclostationary
2	Band frekuensi wireless	87,5 – 108 (MHz)
3	Jenis window	Hamming, Blackman, Kaiser
4	Frekuensi Sampling	220 MHz
5	Jenis PSD	Periodogram

**5.3 Threshold (Batas Ambang)**

Dalam mendeteksi keberadaan sinyal spektrum dari frekuensi wireless oleh PU maka diperlukan pertimbangan keadaan dengan dua hipotesa, yaitu [16]:

$$\begin{aligned}
 H_0: x(t) &= n(t) \\
 H_1: x(t) &= s(t) + n(t)
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

Dimana  $H_0$  adalah hipotesis nol,  $H_1$  adalah hipotesis alternatif.

Dimisalkan  $C_{TH}$  adalah threshold maka persamaan  $C_{TH}$  adalah [17]:

$$C_{TH} = \sqrt{\frac{2\delta^4}{(2N + 1) \ln(Pf)}}
 \tag{6}$$

Dimana  $N$  adalah rentang pengamatan data,  $Pf$  adalah Probability of False Alarm dan  $\delta$  adalah variansi sinyal yang diterima.

Sehingga dari persamaan (6) diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

Jika

$$C_I \leq C_{TH}: \text{hasil } H_0 \text{ (PU Present/digunakan)}$$

Sebaliknya

$$C_I > C_{TH}: \text{hasil } H_1 \text{ (PU Absent/tidak digunakan)}$$

**6. Hasil yang Diperoleh**

Setelah dilakukan simulasi maka sinyal spektrum frekuensi radio FM yang dibangkitkan menggunakan random frequency generator hasilnya masing – masing seperti pada tabel 6.1, 6.2, 6.3, dan tabel 6.4 gabungan ketiga window.

**Tabel 6.1 Menggunakan Hamming**

Presentase pembangkitan data masukan	Jumlah kanal frek. acak	Jumlah PU yang hadir	Keterangan kanal frekuensi
10%	5	40	Kanal 11 sampai kanal 50
20%	10	4	Kanal 47 sampai kanal 50
30%	15	11	Kanal 1 sampai kanal 6 dan Kanal 46 sampai 50
40%	20	16	Kanal 5 sampai kanal 20
50%	25	23	Kanal 14sampai kanal 36
60%	30	28	Kanal 1 sampai kanal 8 dan kanal 31 sampai kanal 50
50%	25	23	Kanal 14sampai kanal 36

Tabel 6.1 Lanjutan

Presentase pembangkitan data masukan	Jumlah kanal frek. acak	Jumlah PU yang hadir	Keterangan kanal frekuensi
60%	30	28	Kanal 1 sampai kanal 8 dan kanal 31 sampai kanal 50
70%	35	33	Kanal 1 sampai kanal 25 dan kanal 43 sampai kanal 50
80%	40	39	Kanal 12 sampai kanal 50
90%	45	44	Kanal 1 sampai kanal 36 dan kanal 43 sampai kanal 50
<b>100%</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>Kanal 1 sampai kanal 50</b>

Dari simulasi ini *window Hamming* mampu mendeteksi paling sensitif pada saat data masukannya dibangkitkan sebesar 100% dimana jumlah kanal frekuensi acak yang diperoleh yaitu 50 *primary user*

Tabel 6.2 Menggunakan *Blackman*

Presentase pembangkitan data masukan	Jumlah kanal frek. acak	Jumlah PU yang hadir	Keterangan kanal frekuensi
10%	5	43	Kanal 8 sampai kanal 50
20%	10	6	Kanal 45 sampai kanal 50
30%	15	12	Kanal 29 sampai kanal 40
40%	20	19	Kanal 1 sampai Kanal 19
50%	25	24	Kanal 1 sampai kanal 3 dan kanal 30 sampai kanal 50
60%	30	25	Kanal 26 sampai kanal 50
70%	35	30	Kanal 1 sampai kanal 30
<b>80%</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>Kanal 1 sampai kanal 40</b>
90%	45	44	Kanal 3 sampai kanal 46
<b>100%</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>Kanal 1 sampai kanal 50</b>

Dari simulasi ini *window Blackman* mampu mendeteksi paling sensitif pada saat data masukannya dibangkitkan sebesar 80% dan 100% dimana jumlah kanal frekuensi acak yang diperoleh yaitu 40 *primary user* untuk jumlah presentasi 80% sedangkan pada presentase 100% mampu mendeteksi sebanyak 50 *primary user*.

Tabel 6.3 Menggunakan *Kaiser*

Presentase pembangkitan data masukan	Jumlah kanal frek. acak	Jumlah PU yang hadir	Keterangan kanal frekuensi
10%	5	9	Kanal 9 sampai 17
20%	10	9	kanal 13 sampai 21
30%	15	13	Kanal 35 sampai 47 dan
40%	20	17	Kanal 1, Kanal 12 sampai 20 dan Kanal 44 sampai 50
50%	25	27	Kanal 24 sampai 50
<b>60%</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>kanal 1 sampai 2 dan Kanal 23 sampai 50</b>
<b>70%</b>	<b>35</b>	<b>35</b>	<b>Kanal 1 sampai 24 dan Kanal 32 sampai 42</b>
<b>80%</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>kanal 1 sampai 14 dan kanal 25 sampai 50</b>
90%	45	44	Kanal 2 sampai 33 dan kanal 39 sampai 50
100%	50	38	Kanal 1 sampai 15 dan kanal 26 sampai 48

Dari simulasi ini *window Kaiser* mampu mendeteksi paling sensitif pada saat data masukannya dibangkitkan sebesar 60%, 70%, dan 80% dimana jumlah kanal frekuensi acak yang diperoleh yaitu 30 *primary user* untuk presentase 60% sedangkan pada presentase 70% diperoleh jumlah *primary user* 35 dan untuk presentase 80% diperoleh jumlah *primary user* yang dideteksi sebanyak 40.

Tabel 6.4 Gabungan Ketiga *Window*

Presentase pembangkitan data masukan	Jumlah kanal frek. acak	Primary User yang dihadirkan oleh <i>window</i>		
		<i>Hamming</i>	<i>Blackman</i>	<i>Kaiser</i>
10%	5	40	43	9
20%	10	4	6	9
30%	15	11	12	13
40%	20	16	19	17
50%	25	23	24	27
<b>60%</b>	<b>30</b>	<b>28</b>	<b>25</b>	<b>30</b>
<b>70%</b>	<b>35</b>	<b>33</b>	<b>30</b>	<b>35</b>
<b>80%</b>	<b>40</b>	<b>39</b>	<b>40</b>	<b>40</b>
90%	45	44	44	44
<b>100%</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	38

## 7. Kesimpulan

Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan menggunakan tiga *window* yaitu: *Hamming*, *Blackman*, *Kaiser*, diketahui bahwa ketiga *window* tersebut memiliki tingkat keakuratan yang berbeda-beda untuk setiap kenaikan data masukan dalam mendeteksi kehadiran PU (*Primaru User*). Diperoleh *Window Kaiser*

lebih sensitif mendeteksi kehadiran *Primary User* dibandingkan dengan menggunakan *window Blackman* dan *window Hamming*.

## 8. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Peltu Jaendar Panjaitan dan Delima Simangunsong selaku orang tua penulis, Rahmad Fauzi, ST, MT selaku dosen pembimbing, juga Ir. Arman Sani, MT, dan Naemah Mubarakah, ST, MT selaku dosen penguji penulis yang sudah membantu penulis dalam menyelesaikan *paper* ini, serta teman-teman penulis yang sudah memberikan dukungan selama pembuatan *paper* ini.

## 9. Referensi

- [1] Jafri, G.A., Rehman, A.U., dan Sadiq, M.T., 2011, Spectrum Sensing and Management in Cooperative Cognitive Radio, *Thesis*, Faculty of Electrical Engineering, Blekinge Institute of Technology, Nordberg. Hal. 12 – 18.
- [2] Setiawan, D., 2010, *Alokasi Frekuensi Kebijakan dan Perencanaan Spektrum Indonesia*, Departemen Komunikasi dan Informatika, Jakarta. Hal. 15 – 27.
- [3] Mudrik, A., 2010, Cognitive Radio: Sistem Radio Cerdas, *Jurnal Telekomunikasi dan Komputer*, no. 2, vol. 1, hal. 130 – 142.
- [4] Mirza, A., dan Arshad F.B., 2011, Performance Analysis of Cyclostationary Sensing in Cognitive Radio Networks, *Thesis*, School of Information Science, Computer and Electrical Engineering, Halmstad. Hal. 24 – 31.
- [5] Bruce, F.A., 2009, *Cognitive Radio Technology*, edisi kedua, Elsevier Inc., United States. Hal. 12 – 20.
- [6] Akilah, H.L., 2006, Antenna Selection for a Public Safety Cognitive Radio, *Thesis*, Faculty of Electrical Engineering, Virginia Polytechnic, Virginia. Hal. 3 – 9.
- [7] Rawat, D.B., dan Yan, G., 2011, Spectrum Sensing Methods and Dynamic Spectrum Sharing in Cognitive Radio Networks, *International Journal of Research and Reviews in Wireless Sensor Networks*, vol. 1, no. 1, hal. 1–11.
- [8] Subhedar, M., dan Birajdar, G., 2011, Spectrum Sensing Techniques in Cognitive Radio Networks: A Survey, *International Journal of Next-Generation Networks (IJNGN)*, vol.3, no.2, hal. 37 – 49.
- [9] Jain, S.J., dan Jain, R.B., 2011, Spectrum Sensing Methode in Cognitive Radio, *Thesis*, Department of Electronics and Communication Engineering, National Institute of Technology, India. Hal. 2 – 7.
- [10] Cabric, D., Mishra, S.M., dan Brodersen, R.W., 2004, Implementation Issues in Spectrum Sensing For Cognitive Radio, *Jurnal IEEE*, hal. 772–776.
- [11] Chen, J., Gibson, A.G., dan Zafar, J., 2007, Cyclostationary Spectrum Detection in Cognitive Radio, *IEEE Xplore*, vol. 12, no. 1, hal. 1-6.
- [12] Jaekwon, L., 2008, Blind Spectrum Sensing Techniques for Cognitive Radio System, *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering*, vol. 3, no. 2, hal. 117 – 127.
- [13] Yusuf, M., 2005, Simulasi dan Analisis Kinerja Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) Pada Sistem Komunikasi Wireless, *Skripsi*, Departemen Teknik Elektro, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- [14] Ariandi, 2012, Pembagian Channel FM, <http://ariandielelectronic.blogspot.com/2012/09/normal-0-false-false-false-en-us-x-none.html>, diakses 23 Maret 2013.
- [15] Royandi, M.A., 2010, Modulasi, 2 Mei 2010, <http://muhamadadityaroyandi.blogspot.com/p/modulasi.html>, diakses 16 Januari 2013.
- [16] Vinay, I.K., dan Proakis, J.G., 2007, *Digital Signal Processing Using Matlab*, Edisi Ketiga, United State, Northern University. Hal. 3 – 12.
- [17] Dave, M.B., 2012, Spectrum Sensing in Cognitive Radio use of Cyclo-Stationary Detector, *Thesis*, Dept. Electronics dan Communication Engineering, National Institute of Technology, India. Hal. 11-23.