

Evaluasi Hasil Kinerja Hard Decision pada Cooperative Spectrum Sensing Menggunakan AND, OR, dan Majority Rule

Fathimah Khoerudini^{1,*}, Fiky Yosef Suratman¹, Linda Meylani¹

¹ Universitas Telkom

* E-mail : fathimahkhoerudini@gmail.com

Abstrak. *Cognitive Radio* adalah sebuah konsep sistem komunikasi nirkabel pintar yang mampu meningkatkan *utilitas spectrum frequency*. *Spectrum Sensing* merupakan salah satu kemampuan penting yang dimiliki oleh *Cognitive Radio*. Hasil *Spectrum Sensing* akan menentukan keputusan yang diambil oleh *Cognitive Radio*. *Cooperative Spectrum Sensing* menjadikan deteksi sinyal lebih akurat daripada *Local Spectrum Sensing*, terutama bila deteksi dilakukan pada daerah yang mempunyai banyak *obstacle*. Pada deteksi lokal digunakan metode *Energy Detector*. Pada penelitian ini akan dibandingkan hasil *Hard Decision Cooperative Spectrum Sensing* pada kanal *Reyleigh* ditambahkan *AWGN* dengan menggunakan aturan *AND*, *OR*, dan *Majority* serta perbandingan antara *Probability of False Alarm (Pfa) Actual* dan *Nominal* pada *Fusion Center*. Perbandingan hasil aturan *AND*, *OR*, dan *Majority* menggunakan *Probability of Detection(Pd)* dan *Probability of False Alarm(Pf)* dengan banyak *user* yang berbeda dan pada *Signal to Noise Ratio(SNR)* tertentu. Dalam penelitian ini akan didapat hasil deteksi yang lebih baik menggunakan aturan *Hard Decision Optimum* pada *Global Decision* di *Fusion Center*.

Kata Kunci: Cognitive Radio, Cooperative Spectrum Sensing, Energy Detector, Fusion Center .

1. Pendahuluan

Spektrum frekuensi merupakan sumber daya yang terbatas dan telah dibagi-bagi berdasarkan penggunaannya oleh lembaga pemerintah agar lebih teratur, tertib dan efisien. Seiring perkembangan zaman, penggunaan pita frekuensi tertentu cenderung naik. Ini terlihat pada penggunaan pita frekuensi untuk wireless yang padat. Walaupun pita frekuensi sudah dibagi-bagi, namun masih banyak slot pada frekuensi tertentu yang jarang digunakan. Hal ini menyebabkan rendahnya utilitas spektrum frekuensi. Salah satu solusi untuk meningkatkan utilitas spektrum frekuensi adalah *Dynamic Spectrum Access*[5]. *Dynamic Spectrum Access* adalah sebuah model berbagi spektrum frekuensi dengan memanfaatkan slot kosong yang ada[1]. Slot kosong ini terjadi bila *Primary User (PU)* dari suatu *licensed spectrum frequency* sedang tidak menduduki slot frekuensi miliknya, maka *Secondary User (SU)* dapat menggunakan slot frekuensi tersebut secara sementara. Oleh karena itu diperlukan *spectrum sensing* untuk mengetahui kosong atau tidaknya suatu slot frekuensi. Hal ini dapat diimplementasikan dengan teknologi *Cognitive Radio*. *Spectrum Sensing* merupakan kunci dan bagian fungsional dari *Cognitive Radio*. *Spectrum sensing* terdiri atas *Local Spectrum Sensing* dan *Cooperative Spectrum Sensing*. *Local Spectrum Sensing* merupakan *spectrum sensing* tanpa adanya kolaborasi antar *Cognitive Radio User*. *Energy Detector*[2], *Matched Filter*[1], dan *Cyclostationary*[1] merupakan beberapa metode yang digunakan pada *Local Spectrum Sensing*. Pada penelitian ini akan digunakan *Cooperative Spectrum Sensing*, dengan menggunakan *Energy Detector* sebagai *local detector* dari *Cognitive Radio*. *Cooperative Spectrum Sensing* merupakan model *spectrum sensing* dengan menggunakan *Fusion Center (FC)* sebagai pengumpul informasi dari *Cognitive Radio*. *Cooperative Spectrum Sensing* terdiri atas *Soft Decision Combining (SDC)* [3] dan *Hard Decision Combining (HDC)* [3]. Penelitian ini akan membahas mengenai *spectrum sensing* pada kanal *Reyleigh* yang ditambahkan *AWGN*, menggunakan *Hard Decision* dengan *AND*, *OR*, dan *Majority Rule*. Kemudian akan ditentukan hasil *decision* yang lebih baik dengan melihat *Probability od Detection(Pd)* dan *Probability of False Alarm(Pfa)*. Simulasi akan dilakukan dengan banyak user masing-masing 2, 4, 8, 16 dan 32 serta pada *SNR* -20 dan -5.

2. Spectrum Sensing

Spectrum Sensing merupakan salah satu bagian yang paling penting dari *Cognitive Radio*[4]. *Spectrum Sensing* akan menentukan dapat atau tidaknya *Cognitive Radio User* memakai suatu slot *licensed frequency*. Slot *licensed frequency* dapat digunakan oleh *Cognitive Radio User* bila slot tersebut tidak sedang digunakan oleh *Licensed User*. *Spectrum Sensing* mendeteksi ada atau tidaknya *Licensed User* dalam suatu *spectrum frequency* tertentu. *Spectrum Sensing* terdiri dari *Local Spectrum Sensing* dan *Cooperative Spectrum Sensing*. Bahasan utama pada penelitian ini adalah *Cooperative Spectrum Sensing*. Pada *Local Spectrum Sensing* menggunakan metode *Energy Detector*.

Cooperative Spectrum Sensing

Cooperative Spectrum Sensing merupakan deteksi *Licensed User* dengan *combining* informasi hasil deteksi dari masing-masing *Cognitive Radio* menggunakan *Fusion Center*. *Fusion Center* akan menentukan *global decision* dengan menggunakan *Fusion Rule*. *Global decision* ini akan menentukan akhir *decision* ada atau tidaknya slot kosong pada suatu *spectrum frequency*.

Cooperative Spectrum Sensing terdiri dari dua metode[4], yaitu :

1. *Hard Decision Combining* : metode dengan mengirimkan hasil *decision* masing-masing *CR*. *Local spectrum sensing* pada tiap *Cognitive Radio* akan mengirimkan hasil deteksinya. *Cognitive Radio* akan mengirimkan bit “1” untuk ada slot kosong dan “0” untuk tidak ada slot kosong. Kemudian *Fusion Rule* pada *Fusion Center* akan memprosesnya untuk menentukan *global decision*.
2. *Soft Decision Combining*[6] : metode dengan mengirimkan informasi yang berkenaan dengan observasi yang dilakukan oleh *local spectrum sensing* pada tiap *Cognitive Radio*. *Local spectrum sensing* tidak mengirimkan hasil *decision* kepada *Fusion Center*, tapi hanya mengirimkan hasil pengukuran energi pada masing-masing *Cognitive Radio*. Informasi ini diproses menggunakan *Fusion Rule* pada *Fusion Center* untuk menentukan *global decision*.

3. Perancangan *Cooperative Spectrum Sensing*

Cooperative spectrum sensing adalah menggabungkan informasi hasil deteksi pada *Fusion Center*.

3.1 Perancangan *Fusion Rule* pada *Fusion Center*

Fusion Rule menentukan proses yang terjadi pada *Fusion Center*. *Fusion Center* bertugas untuk *combining* informasi dari masing-masing *CR User*. Hasil *combining* diproses menggunakan *Fusion Rule* untuk menentukan *Global Decision*. *Fusion Rule* yang digunakan berbeda pada masing-masing metode.

3.1.1 *Hard Decision Combining*

Hard Decision Combining adalah salah satu metode pada *Cooperative Spectrum Sensing* dengan masing-masing *CR User* mengirimkan hasil *decision* dari *local spectrum sensing*. *CR User* akan mengirimkan bit “1” untuk kanal idle dan “0” untuk kanal *busy*. Hasil *Decision* pada *Hard Decision Combining* adalah *Optimum*.

Fusion Rule untuk *Hard Decision Combining* adalah[3] :

$$\sum_{j=1}^N \left[\mu_j \log \frac{1-P_{MDj}}{P_{FAj}} + (1 - \mu_j) \log \frac{P_{MDj}}{1-P_{FAj}} \right] \cong \log \Gamma \quad (13)$$

dengan nilai $\mu_0 = 1$ atau $\mu_0 = 0$.

3.1.2 *AND, OR, dan Majority Rule*

Hasil keputusan pada tiap user yang telah diiterasi sebanyak 10.000 kali, kemudian dengan menggunakan *AND, OR, dan Majority Rule*, akan ditentukan hasil *decision* akhir.

Pada *Majority Rule*, *decision* akhir adalah nilai keputusan paling banyak dari semua user. Dari hasil akhir ini kemudian diplot *Probability of Detection* dan *Probability of False Alarm*.

- AND Rule[3]

$$P_D = \prod_{i=1}^N P_{Di} \tag{14}$$

$$P_F = \prod_{i=1}^N P_{Fi}$$

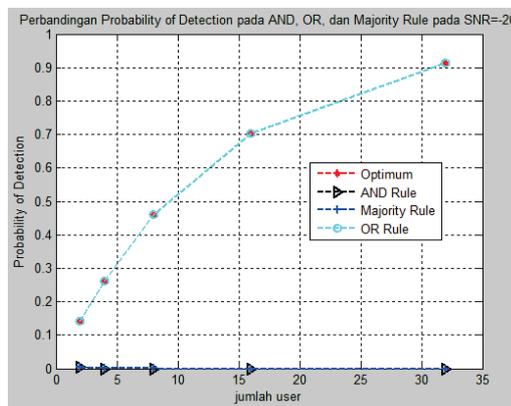
- OR Rule[3]

$$P_D = 1 - P_M = 1 - \prod_{i=1}^N P_{Mi} \tag{15}$$

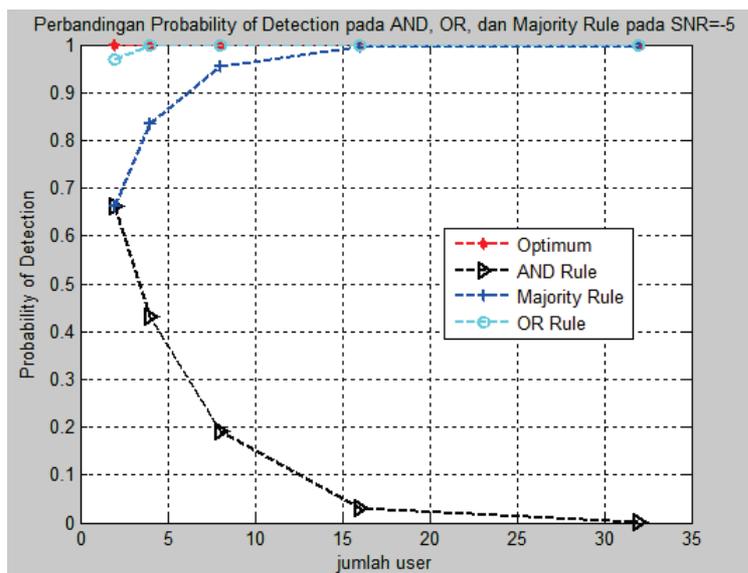
$$P_F = 1 - \prod_{i=1}^N (1 - P_{Fi})$$

4 Analisis Hasil

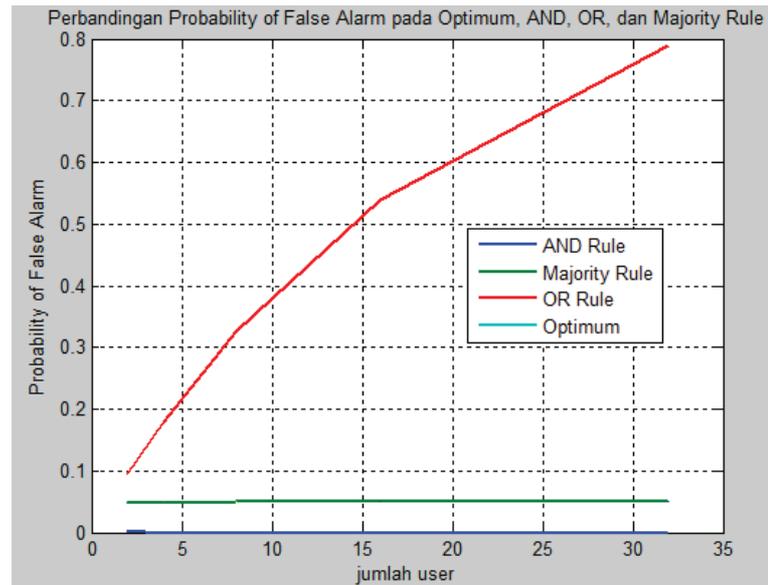
4.1 Probability of Detection dan Probability of False Alarm



Gambar 1. Probability of Detection pada SNR= -20



Gambar 2. Probability of Detection pada SNR= -5



Gambar 3. Probability of False Alarm

Dilihat dari gambar diatas, bisa disimpulkan bahwa pada Optimum dan OR Rule semakin besar SNR dan semakin banyak user, maka kecenderungan *Probability of Detection* bernilai besar Pada Majority Rule semakin besar SNR, maka nilai *Probability of Detection* akan besar pula. Dari nilai *Probability of Detection*, dapat disimpulkan bahwa metode yang paling baik adalah Optimum dan OR Rule dibandingkan dengan AND dan Majority Rule. Jika dilihat berdasarkan *Probability of False Alarm*, maka yang paling baik adalah AND Rule. Namun untuk mendapatkan hasil yang berimbang, atau berdasar *Probability of Detection* dan *Probability of False Alarm*, maka yang paling baik adalah dengan menggunakan metode Optimum. Metode Optimum mempunyai *Probability of Detection* yang baik dan *Probability of False Alarm* yang tidak terlalu besar atau sedikit berbeda dengan AND Rule.

5 Kesimpulan

Probability of Detection menentukan baik atau tidaknya suatu hasil deteksi sinyal. Semakin besar nilai *Probability of Detection*, maka semakin baik detektor tersebut. Dari hasil simulasi pada SNR -20 dan -5, maka dapat dilihat jika semakin besar SNR dan semakin banyak user, maka semakin baik nilai *Probability of Detection*, terutama pada metode Optimum dan OR Rule. Namun pada OR Rule terdapat nilai yang sangat kontras antara *Probability of Detection* dan *Probability of False Alarm*. Oleh karena itu metode Optimum adalah yang paling baik.

Disarankan untuk penelitian selanjutnya digunakan SNR, User, serta kanal yang beragam, agar komponen dan syarat deteksi sinyal yang akurat tercapai.

6 Daftar Referensi

- [1] Abdulsattar, Mahmood A dkk, (2012), "ENERGY DETECTION TECHNIQUE FOR SPECTRUM SENSING IN COGNITIVE RADIO: A SURVEY", International Journal of Computer Networks & Communications (IJCNC) Vol.4, No.5.
- [2] Hossain, M.Shammim dkk.(2012), "Energy Detector Performance of Spectrum Sensing in Cognitive Radio", I.J. Information Technology and Computer Science, No. 11, pp. 11-17.
- [3] Varshney, Pramod K, *Distributed Detection and Data Fusion*, Springer, 1997.
- [4] Iqbal, Mohammad dkk, (2012), "Weighted Soft Decision for Cooperative Sensing in Cognitive Radio Networks", Monash University.
- [5] Wyglinski, Alexander dkk, *Cognitive Radio Communication and Networks : Principles and Practice*, Academic Press,2010.