

DETEKSI TARGET PADA RADAR MENGGUNAKAN METODE BOOTSTRAP KONDISI DISTRIBUSI NOISE TIDAK DIKETAHUI

TARGET DETECTION IN RADAR USING BOOTSTRAP METHOD NOISE DISTRIBUTION CONDITION UNKNOWN

Adinda Mutiara Hakim¹, Dr.-ing. Fiky Y. Suratman², Dharu Arseno, S.T., M.T³

^{1,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, ²Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹adindaamh@telkomuniversity.ac.id, ²fysuratman@telkomuniversity.ac.id

³darseno@telkomuniversity.co.id

Abstrak

Perkembangan teknologi yang semakin pesat, sehingga memudahkan manusia dalam rangka memenuhi kebutuhan. Contohnya pentingnya penggunaan radar (Radio Detection and Ranging) dalam kehidupan sehari-hari. Radar adalah sistem gelombang elektromagnetik yang mempunyai fungsi untuk mendeteksi, melacak dan *imaging*. Dalam mendeksi target, radar mendapatkan informasi berupa jarak, azimuth dan kecepatan dari target. Dalam deteksi target pada radar pasti ada permasalahan yang timbul pada saat mendeteksi target salah satunya jika radar mendeteksi tidak ada target tetapi sebenarnya ada target, hal tersebut dinamakan *false alarm*. Keadaan *false alarm* yang muncul secara terus menerus maka *source* yang ada pada radar akan habis. Pada radar dikatakan baik apabila terdapat nilai *false alarm* secara konstan dan meminimalisir terjadinya *miss detection*. Untuk meminimalisir masalah tersebut akan digunakan metode bootstrap. Bootstrap akan secara adaptive mendeteksi target dengan latar belakang bahwa noise dan interferensi yang tidak dapat dihindari. Dalam pengujian ini akan disimulasikan menggunakan software bagaimana kinerja deteksi radar menggunakan metode bootstrap dibandingkan dengan kinerja detektor NP dengan parameter nilai training cell = 32 cell, guard cell = 2 cell, CUT = 1 cell, $P_{FA} = 10^{-2}$, dan N-bin = 10.000. Hasil yang didapatkan adalah kinerja deteksi radar dimana *threshold* ditentukan dengan melalui *resampling* dalam metode bootstrap lebih baik dibandingkan dengan menggunakan detektor NP, karena pada metode bootstrap menghasilkan *threshold* yang menjaga false alarm sehingga mendapatkan hasil yang lebih akurat tidak tergantung pada noise dalam memperkecil *false alarm*.

Kata kunci : Radar, *False alarm* & *miss detection*, Bootstrap, *Threshold*

Abstract

The development of technology is rapidly increasing, making it easier for humans to meet their needs. For example the importance of using radar (Radio Detection and Ranging) in everyday life. Radar is an electromagnetic wave system that has functions for detecting, tracking and imaging. In detecting a target, the radar obtains information in the form of distance, azimuth and speed from the target. In the detection of targets on the radar there must be problems that arise when detecting targets, one of which is if the radar detects there is no target but actually there is a target, it is called a false alarm. False alarm situation that appears continuously then the source on the radar will run out. The radar is said to be good if there are constant false alarm values and minimizes the occurrence of miss detection. To minimize this problem the bootstrap method will be used. Bootstrap will adaptively detect targets against the background that noise and interference cannot be avoided. In this test will be simulated using software how the radar detection performance using the bootstrap method is compared with the performance of NP detectors with parameters training cell = 32 cell, guard cell = 2 cell, CUT = 1 cell, $P_{FA} = 10^{-2}$, and N-bin = 10.000. The results obtained are radar detection performance where threshold is determined by resampling in the bootstrap method better than using NP detectors, because the bootstrap method produces a threshold that maintains false alarms so getting more accurate results does not depend on noise in minimizing false alarms.

Keywords: Radar, *False alarm* & *miss detection*, Bootstrap, *Threshold*

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi yang semakin cepat, sehingga memudahkan manusia dalam rangka memenuhi kebutuhan. Contohnya pentingnya penggunaan radar dalam kehidupan sehari-hari. Teknologi radar pada bandara yang memudahkan pesawat untuk lepas landas tanpa terjadi kecelakaan dengan pesawat lainnya. Fungsi Utama radar adalah mendeteksi, melacak dan *imaging*. Dalam mendeksi target, radar mendapatkan informasi berupa jarak, azimuth dan kecepatan dari target. Sinyal yang dipantulkan akan dianggap radar sebagai target tetapi radar menerima sinyal pantul yang sebenarnya disebabkan oleh *noise* yang ada di wilayah tersebut target disebut sebagai *False Alarm*. Bila keadaan radar tidak mendeteksi adanya target tetapi sebenarnya ada target disebut sebagai *Miss Detection*. Pada radar dikatakan baik apabila dapat nilai *False Alarm* secara konstan dan meminimalisir terjadinya *Miss Detection*.

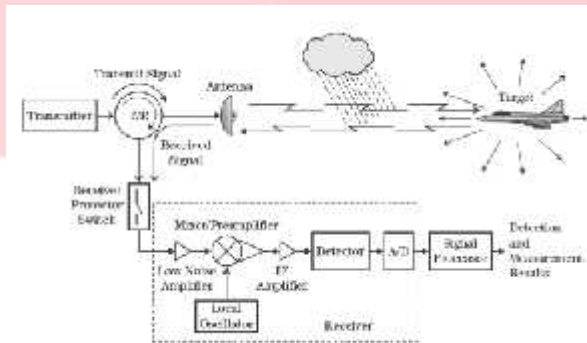
Untuk menentukan *threshold* secara *adaptive* terhadap kondisi noise tidak diketahui maka akan digunakan metode bootstrap. Bootstrap akan melakukan *resampling* dan menghasilkan estimasi distribusi $T(x)$ pada saat tidak

ada sinyal. Dengan metode Bootstrap yang merupakan alat bantu umum (*general tool*) yang biasa digunakan untuk mencari pendekatan dalam distribusi statistik yang dikehendaki. Beberapa aplikasi yang menggunakan teknik bootstrap ini adalah untuk membandingkan dua random signal ataupun dua buah gambar random yang tidak bersih (*noisy image*) satu terhadap yang lain yang diresampling.[1]

2. Dasar Teori

2.1 Konsep Dasar Radar

Radar adalah sistem kelistrikan yang mengirimkan frekuensi radio gelombang elektromagnetik ke arah yang diinginkan untuk mendeteksi target. Gambar 2.1 menunjukkan unsur-unsur utama yang terlibat dalam proses transmisi sinyal radar, propagasi sinyal itu melalui atmosfer, refleksi sinyal dari target, dan menerima sinyal yang terefleksi. Meskipun detailnya dari sistem radar yang diberikan bervariasi, subsistem utama harus menyertakan pemancar, antenna, penerima, dan prosesor sinyal.



Gambar 1. Elemen utama dari proses transmisi / penerimaan radar.[2]

Radar menerima antenna menerima gelombang elektromagnetik yang "direfleksikan" dari objek. Objek mungkin menjadi target yang menarik, seperti yang digambarkan pada Gambar 2.1, atau mungkin tidak menarik, seperti kekacauan. Bagian dari sinyal yang direfleksikan dari objek yang menyebar kembali ke antenna radar ditangkap oleh antenna dan diterapkan ke sirkuit penerima.

2.2 Konsep Deteksi Threshold

Deteksi sinyal pada sistem radar, memiliki 2 hipotesis dimana hipotesis ini berguna dan berpengaruh dalam melakukan tes statistik dari radar. Hipotesis ini dikenal dengan nama *Hypothesis Testing*. Berikut penjelasan dari *2 Hypothesis Testing* [1]:

H_0 : tidak ada sinyal target, hanya terdapat interferensi atau *noise* saja

H_1 : ada sinyal target

Tapi perlu diperhatikan juga bahwa lonjakan interferensi yang sangat kuat dapat melewati threshold dan bisa mengakibatkan *false alarm*. Menentukan threshold dengan menggunakan metode bootstrap melalui persamaan sebagai berikut:

$$i = B - (P \cdot B) = (1 - Pf) B \quad (1)$$

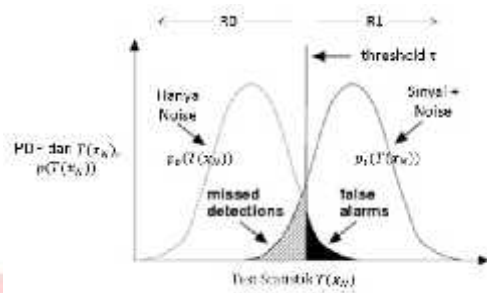
dimana B_s adalah jumlah sample bootstrap, threshold adalah data ke $- (i)$ dari hasil data yang sudah dilakukan generate tersebut. Jika $T(x)$ lebih besar dari nilai threshold yang didapat maka ada sinyal dari distribusi tersebut. Jika $T(x)$ lebih besar dari threshold maka ada sinyal (H_1) maka sebaliknya jika $T(x)$ lebih kecil dari threshold maka tidak ada sinyal (H_0).

2.3 Neyman Pearson

Pada kriteria Neyman Pearson diasumsikan penerima dengan melakukan sampling urutan acak $\mathbf{x}_N = [(0) (1) \dots (N - 1)]$ dan (\mathbf{x}_N) adalah test statistic yang merupakan fungsi dari data hasil sampling \mathbf{x}_N , maka detektor generik dapat dinyatakan sebagai berikut

$$:T(\mathbf{x}_N) \begin{cases} > \tau, T_1 & H_1 (D_1) \\ < \tau, T_0 & H_0 (D_0) \end{cases} \quad (2)$$

Dimana τ menyatakan *threshold* yang memisahkan daerah keputusan R_0 (terima H_0) dan R_1 (terima H_1). Karena $T(\mathbf{x}_N)$ adalah fungsi dari variabel-variabel acak sampel, maka $T(\mathbf{x}_N)$ juga merupakan variabel acak yang mempunyai PDF.



Gambar 2. PDF dari Test Statistik

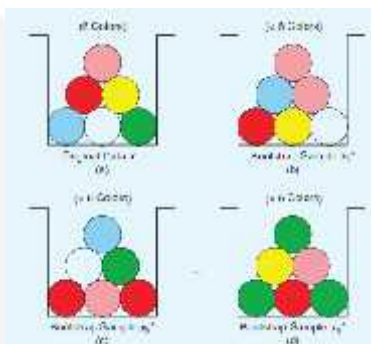
Mengacu pada Gambar 2.2 , kemungkinan untuk membuat error dalam memutuskan seperti pada Tabel 2, dapat didefinisikan kembali sebagai berikut:

Probability of False Alarm (P_{FA})

$$P_f = P(D_1/H_0) = P(T(\mathbf{x}_N) > \tau/H_0) = \int_{\tau}^{\infty} p(T(\mathbf{x}_N)/H_0) d(\mathbf{x}_N) \quad (3).$$

2.4 Metode Bootstrap

Bootstrap merupakan tinjauan teknik dasar resampling, dan bootstrap dapat digunakan untuk mengevaluasi distribusi pengukur parameter. Dimulai dengan teknik resampling bootstrap non-parametrik dan parameterik, yang secara esensial dirancang untuk data distribusi independen dan identik, diikuti oleh metode bootstrap untuk data dependen. [4] Dalam pengambilan sampling pada metode bootstrap, data yang diambil dari data asli diambil secara acak lalu dikembalikan kembali. Sehingga data yang dihasilkan bisa terlihat pada gambar 2.2. Lalu, data-data tersebut di distribusikan $T(x)$ pada saat tidak ada sinyal.



Gambar 3. The Independent Data Bootstrap Resampling Principle. [5]

3. Pembahasan dan Perancangan Sistem

3.1 Model Perancangan

Pengumpulan data yang dilakukan untuk menunjang penelitian ini didapatkan dari banyak sumber seperti buku, jurnal dan internet. Tahap perancangan untuk membuat sistem dengan metode bootstrap menggunakan program software untuk membentuk simulator deteksi target pada radar menggunakan metode bootstrap. Simulasi dan pengolahan data pada software adalah tahap dimana data dimasukkan dan diolah ke dalam software agar memiliki hasil dan data yang dibutuhkan. Pembahasan dan hasil merupakan untuk menganalisis berdasarkan hasil perhitungan dan data yang didapatkan. Parameter – parameter tertentu dicatat hasilnya untuk dianalisa kekurangan dan kelebihan metoda yang digunakan. Pengambilan kesimpulan dan saran adalah tahap dimana semua data yang dibutuhkan sudah dimiliki, jadi dapat disimpulkan apa keluaran dari penelitian ini.

3.2 Parameter Simulasi

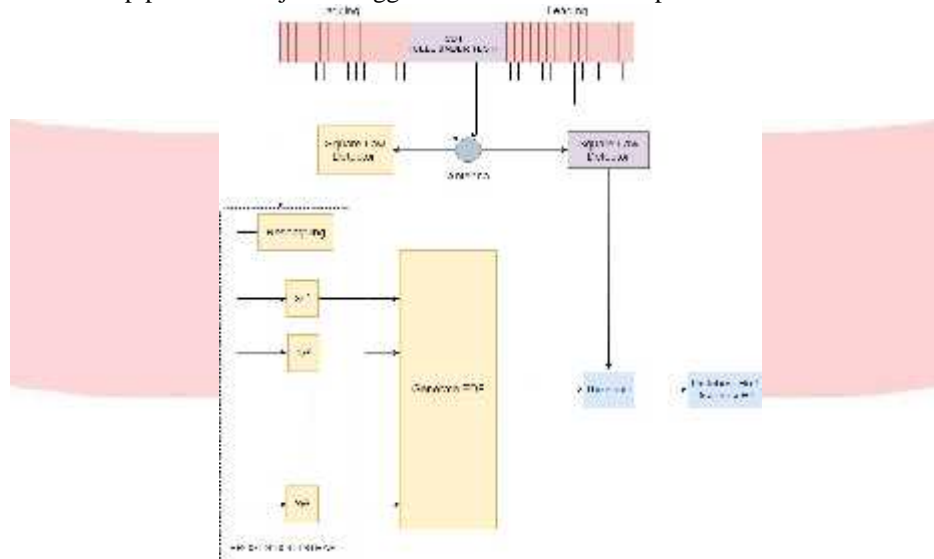
Pada perancangan simulasi kali ini akan digunakan beberapa nilai asumsi untuk nilai-nilai parameter tertentu yang digunakan pada algoritma deteksi menggunakan metode bootstrap. Adapun beberapa nilai parameter yang digunakan adalah seperti berikut:

Tabel 1. Parameter Simulasi

No	Parameter	Nilai
1.	Jumlah Training Cell	16
2.	N-bin cell	10.000
3.	Guard cell	2
4.	Cell Under Test (CUT)	1
5.	Probabilitas False Alarm (Pfa)	10^{-2}

3.3 Desain Perancangan

Kajian yang digunakan dalam penelitian ini adalah kajian yang bersifat analisis kuantitatif yang melibatkan formula dari beberapa parameter. Kemudian dilanjutkan analisis kualitatif untuk menentukan variable terbaik untuk parameter – parameter yang dianalisis. Analisis tersebut adalah analisis parameter radar dari hasil simulasi parameter radar terhadap performansi jika menggunakan metode bootstrap.



Gambar 4. Blok Alur Diagram Skenario Simulasi

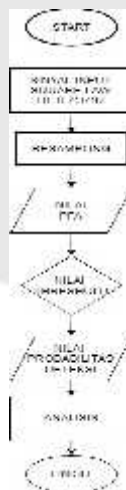
Pada blok alur diagram di atas, skema perancangan sistem deteksi target pada radar. Metode bootstrap ini digunakan karena *sample* yang sedikit dan noise yang tidak tetap. Pada transmitter terdapat *training cell* yaitu *lagging* dan *leading*. Pada *training cell* terdapat masing-masing 16 *cell*. Dari sampel yang terdapat pada 32 *cell* tersebut didistribusi menggunakan *square-law detector* dengan menggunakan persamaan berikut,

$$v = R^2 \tag{4}$$

Setelah itu diresampling dengan cara sampel dari sinyal yang diobservasi adalah sebuah variable acak, jika sebuah penerima melakukan observasi dengan melakukan sampling sebanyak B sampel yang dinyatakan urutan sampel acak x_{ij}^2 maka setiap sampel $x(i)$ dapat dianggap sebuah realisasi dari sebuah variable acak X. Karena $x(i)$ kontinyu pada rentang $-\infty < x(i) < \infty$, X adalah variable acak kontinyu. Hasil yang telah diresampling dilakukan *generate* atau diurutkan dari yang terkecil hingga terbesar untuk menentukan *threshold* dengan menggunakan persamaan (1).

3.4 Skenario Simulasi

Simulasi menggunakan software membandingkan deteksi target menggunakan detektor Neyman pearson dengan algoritma bootstrap dengan distribusi noise yang tidak diketahui dengan parameter yang terdapat pada Table 3.1. Dengan menggunakan metode bootstrap, detektor mampu mendeteksi sinyal yang diterima adalah target atau hanya noise. Jika sinyal yang diterima melebihi batas *threshold* maka akan dinyatakan kondisi H1 (ada target) , jika sinyal yang diterima tidak melebihiin batas *threshold* maka akan dinyatakan kondisi H0 (hanya *noise* tidak ada target).



Gambar 5. Flowchart Skenario Simulasi

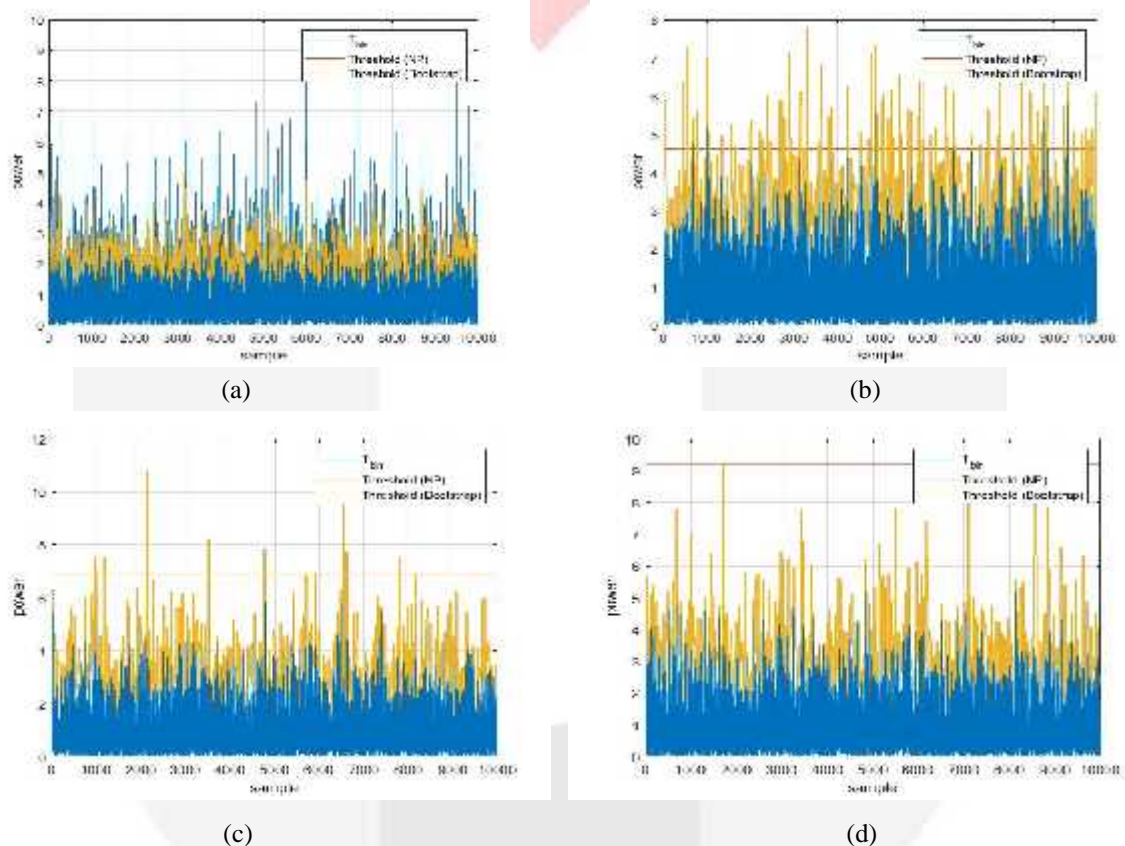
Untuk melihat apakah bootstrap lebih baik dibandingkan dengan detektor Neyman Pearson maka pada Tugas Akhir ini penulis melakukan 4 pengujian, yaitu:

1. Membandingkan nilai threshold antara detektor Neyman Pearson dengan bootstrap dengan kondisi noise homogen dan noise heterogen,
2. Membandingkan P_{FA} antara detektor Neyman Pearson dengan bootstrap yang dipengaruhi oleh nilai power noise,
3. Membandingkan nilai P_D antara detektor Neyman Pearson dengan bootstrap yang dipengaruhi oleh nilai SNR dinaikan P_N diturunkan dan nilai SNR dinaikan P_s dinaikan,
4. Membandingkan nilai P_{FA} sebagai fungsi jumlah resampling untuk mengetahui performansi bootstrap.

4. Analisa dan Hasil

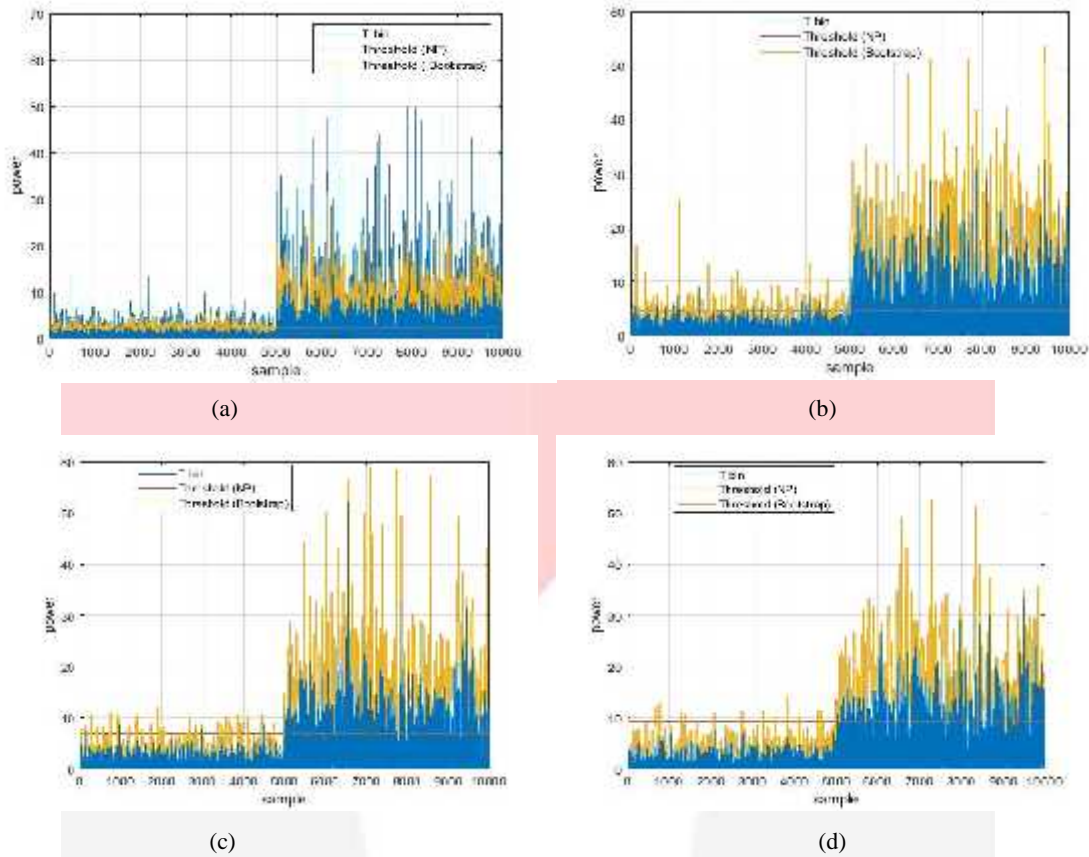
4.1 Pengujian Pertama

Dalam pengujian pertama ini dilakukan simulasi membandingkan nilai *threshold* menggunakan detektor NP dengan bootstrap menggunakan nilai-nilai parameter yang terdapat pada Tabel 1 dengan asumsi bahwa proses deteksi dalam kondisi noise yang homogen dan heterogen. Metode bootstrap atau *resampling* pada sampel-sampel yang didapatkan. Simulasi yang digunakan menggunakan N-bin cell sebanyak 10.000 dengan training cell sebanyak 32 cell, 2 guardcell, dan 1 CUT berdasarkan nilai $P_{FA} = 10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}$.



Gambar 6. Hasil Threshold Kondisi Noise Homogen Dengan (a) $P_{FA} = 10^{-1}$ (b) $P_{FA} = 10^{-2}$
(c) $P_{FA} = 10^{-3}$ (d) $P_{FA} = 10^{-4}$

Gambar 6. memperlihatkan bahwa threshold yang dihasilkan dalam kondisi noise homogen dengan detektor Neyman Pearson hasilnya tetap konstan sedangkan threshold pada metode bootstrap beradaptasi mengikuti noise. Hasil nilai *false alarm* yang dihasilkan antara NP dengan metode bootstrap pada saat noise homogen hasilnya tidak jauh berbeda keduanya sama-sama semakin kecil nilai false alarmnya pada saat P_{FA} semakin kecil.

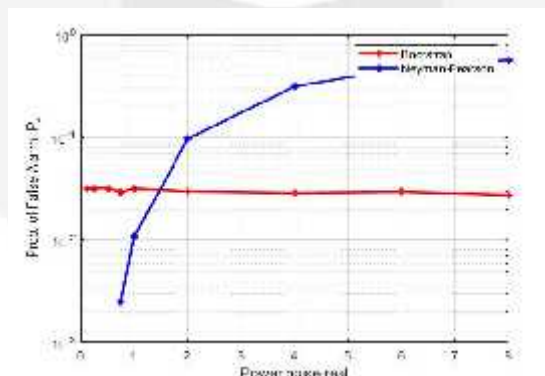


Gambar 7. Hasil Threshold Kondisi Noise Heterogen Dengan (a) $P_{FA} = 10^{-1}$ (b) $P_{FA} = 10^{-2}$ (c) $P_{FA} = 10^{-3}$ (d) $P_{FA} = 10^{-4}$

Pada Gambar 7. memperlihatkan bahwa hasil threshold yang dihasilkan pada kondisi noise heterogen, bootstrap tetap beradaptasi mengikuti noise sedangkan detektor Neyman Pearson tetap konstan. Hal tersebut mempengaruhi hasil false alarmnya, sehingga menghasilkan bootstrap lebih menjaga *false alarm* dibandingkan detektor Neyman Pearson.

4.2 Pengujian Kedua

Untuk melihat pengaruh power noise dengan nilai P_{FA} harus mencari thresholdnya terlebih dahulu maka untuk mencari threshold pun perlu adanya noise. Noise diasumsikan pada saat variansi noise = 1, tetapi pada kenyataannya noise dapat berubah-ubah sehingga untuk tugas akhir ini diasumsikan pula variansi noise real = 0,125 , 0,25 , 0,5 , 0,75 , 1 , 2 , 4 , 6 , dan 8.



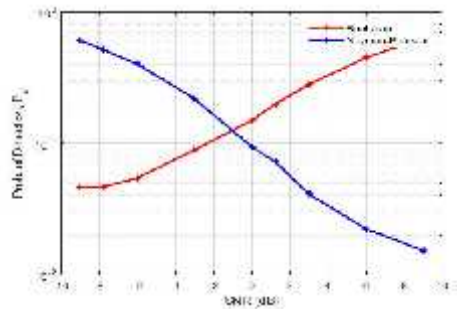
Gambar 8. Pengaruh nilai power noise terhadap nilai P_{FA}

Dari gambar 8 terdapat sumbu x yang menyatakan power noise real dan sumbu y menyatakan nilai P_{FA} . Dapat dilihat bahwa untuk detektor Neyman Pearson nilai *false alarm* yang dihasilkan pada variansi noise real = 0,125 dan 0,5 nilai *false alarm* = 0 dan pada variansi noise = 1 nilai $P_{FA} = 0,01$ yang menunjukkan sesuai dengan parameter

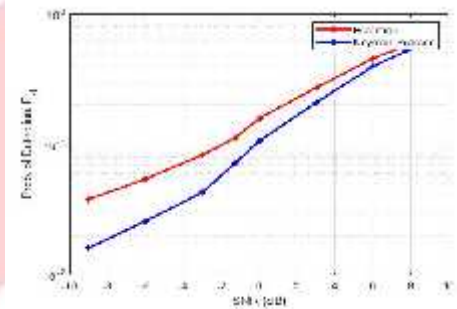
P_{FA} yang telah ditentukan tetapi semakin besar nilai variansi noise realnya semakin besar pula nilai P_{FA} yg dihasilkan dapat dilihat pada variansi noise real = 8 nilai $P_{FA} = 0,5528$, sedangkan pada bootstrap walaupun terdapat variansi noise real yang lebih besar daripada variansi noise yang ditentukan, P_{FA} yang dihasilkan nilainya konstan yang menunjukkan bahwa bootstrap menjaga *false alarm* seperti dapat dilihat pada Gambar 7.

4.3 Pengujian Ketiga

Dalam pengujian ketiga ini penulis ingin melihat perbandingan antara Probabilitas Deteksi (P_D) dengan SNR. Jika ingin nilai SNR yang besar maka dapat memasukan nilai power noise (P_N) konstan tetapi nilai power sinyal (P_s) dinaikan atau dengan nilai P_s konstan tetapi nilai P_N diturunkan. Untuk pengujian ketiga ini penulis akan melihat nilai P_D pada saat nilai SNR dinaikan dan nilai P_N diturunkan setelah itu membandingkan pada saat SNR dinaikan dan P_s dinaikan.



Gambar 9. P_D saat SNR dinaikan dan P_N berubah



Gambar 10. P_D saat SNR dinaikan dan P_s berubah

Pada Gambar 9 dan Gambar 10 menyatakan sumbu x mendefinisikan nilai SNR dan sumbu y mendefinisikan P_D . Pada saat pengujian noise yang berubah dapat dilihat P_D pada NP menurun yang dapat dilihat pada Gambar 9 mendapatkan hasil nilai P_D NP semakin kecil sedangkan P_D bootstrap semakin besar pada saat P_N berubah, hal tersebut diakibatkan karena jika dibandingkan dengan P_{FA} yang terdapat pada Gambar 7 terlihat bahwa P_{FA} NP dengan nilai variansi noise yang kecil maka nilai P_{FA} yang didapatkan pun kecil dan memang jika nilai P_{FA} kecil menunjukkan hasil yang baik tetapi memiliki konsekuensi nilai P_D pun akan kecil karena pada saat nilai noise kecil dan nilai SNR naik maka *false alarm* pun akan kecil, tetapi untuk bootstrap karena dapat menjaga *false alarm*, maka nilai P_D akan membesar pada saat SNR membesar. Pada Gambar 10 dapat dilihat P_D pada saat SNR pada saat nilai P_s yang berubah. Dibandingkan dengan pengujian sebelumnya yaitu dengan menurunkan P_N . Pada pengujian ini nilai P_D pada Neyman Pearson mendapatkan hasil yang besar, menunjukkan bahwa Neyman Pearson tidak bisa beradaptasi pada saat P_N berubah tetapi jika P_s yang berubah dan SNR naik karena sinyal yang semakin kuat maka hasilnya pun akan baik. Sementara pada bootstrap jika nilai SNR karena noise yang berubah-ubah atau sinyal yang berubah-ubah hasilnya tetap menunjukkan konsistensi, maka dari itu bootstrap akan kuat jika noise yang berubah-ubah karena dapat mempertahankan menjaga P_{FA} .

4.4 Pengujian Keempat

Tabel 2. Perbandingan Jumlah Resampling

Power Noise Real	0.125	0.25	0.5	0.75	1	2	4	6	8
Bs = 100									
PFA NP	0	0	0.0001	0.002	0.0103	0.0994	0.3179	0.4658	0.5682
PFA Bootstrap	0.0358	0.038	0.0362	0.0328	0.0354	0.0361	0.0363	0.0379	0.0372
Bs = 200									
PFA NP	0	0	0	0.002	0.0101	0.0984	0.3197	0.4601	0.5472
PFA Bootstrap	0.0299	0.032	0.0321	0.0318	0.0335	0.0295	0.0354	0.0308	0.0326
Bs = 500									
PFA NP	0	0	0.0001	0.0018	0.0095	0.0988	0.3134	0.4623	0.5681
PFA Bootstrap	0.0331	0.034	0.0335	0.0297	0.0313	0.0291	0.0296	0.0326	0.0309
Bs= 1000									
PFA NP	0	0	0.0001	0.0024	0.0083	0.1013	0.3193	0.4626	0.5694
PFA Bootstrap	0.0307	0.031	0.0308	0.0307	0.0322	0.0285	0.0313	0.0298	0.032

Untuk melihat performansi dari bootstrap maka pada pengujian keempat ini penulis membuat perbandingan nilai false alarm antara P_{FA} Neyman Pearson dengan P_{FA} bootstrap sebagai fungsi jumlah resampling dengan menggunakan simulasi yang dilihat dari membandingkan jumlah resampling (B_s) = 100, 200, 500, dan 1000.

Pada table 2 dapat dilihat bahwa hasil dari perbandingan P_{FA} Neyman Pearson dengan P_{FA} bootstrap pada B_s yang berbeda-beda hasilnya tidak jauh berbeda. Dari nilai P_{FA} pada $B_s = 1000$ dengan nilai P_{FA} pada $B_s = 100$ selisihnya sangat tidak jauh. Oleh karena itu, jumlah resampling 100 kali pun sudah baik karena performansinya tidak jauh berbeda dengan jumlah resampling jika dilakukan 1000 kali. Metode bootstrap dikatakan baik adalah jika jumlah resampling semakin sedikit tetapi performansi yang sudah baik.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian membandingkan nilai *threshold* antara detektor NP dengan bootstrap dengan nilai $P_{FA} = 10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}$, didapatkan semakin kecil nilai P_{FA} pada keadaan noise homogen dan heterogen *threshold* pada bootstrap selalu beradaptasi terhadap noise dan nilai P_{FA} pun semakin kecil sehingga menunjukkan bootstrap menjaga *false alarm*.
2. Pada perbandingan P_{FA} yang dipengaruhi oleh power noise, nilai P_{FA} pada bootstrap P_{FA} yang dihasilkan nilainya konstan yang menunjukkan bahwa bootstrap menjaga *false alarm* dibandingkan dengan nilai P_{FA} Neyman Pearson.
3. Pada perbandingan P_D pada saat SNR dinaikan dan P_N diturunkan, karena *threshold* bootstrap menjaga false alarm sehingga nilai PD pada bootstrap naik pada saat SNR dinaikan tetapi tidak pada Neyman Pearson.
4. Pada perbandingan P_D pada saat SNR dinaikan dan P_s dinaikan, untuk bootstrap jika nilai SNR karena noise yang berubah-ubah atau sinyal yang berubah-ubah hasilnya tetap menunjukkan konsistensi, maka dari itu bootstrap akan kuat jika noise yang berubah-ubah karena dapat mempertahankan menjaga P_{FA} . Tetapi untuk Neyman Pearson tidak bisa beradaptasi pada saat P_N berubah tetapi jika P_s yang berubah dan SNR naik karena sinyal yang semakin kuat maka hasilnya pun akan baik.
5. Dilihat dari nilai P_{FA} antara NP dengan bootstrap dengan jumlah resampling 100, 200, 500, dan 1000, performansi bootstrap sudah cukup pada jumlah resampling 100 kali karena hasilnya tidak berbeda jauh dengan performansi jika jumlah resampling 1000 kali.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan terkait hasil simulasi yang telah dilakukan untuk mengembangkan Tugas Akhir ini adalah:

1. Melakukan perbandingan dengan metode untuk deteksi target pada radar lainnya.
2. Dapat menambahkan antenna menjadi multi-antenna.
3. Dapat merubah *square law detector* menggunakan *log detector*

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. M. Zoubir and D. Iskander, *Bootstrap Techniques for Signal Processing*, New York: Cambridge University Press, 2004.
- [2] F. Y. Suratman, A. Adya Pramudita, and D. Arseno, "Deteksi Sinyal : Overview Model Parametrik menggunakan Kriteria Neyman-Pearson," vol. X, no. X, pp. 1–16.
- [3] M. Radar, *Principles of Modern Radar. Basic principles*. 2010.
- [4] Siana Halim, "Replikasi Signal dengan Menggunakan Metode Bootstrap," *J. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 2, pp. 97–100, 2007.
- [5] A. M. Zoubir and D. R. Iskander, "Bootstrap Methods and Applications [," no. July 2007, pp. 10–19, 1977.
- [6] Efron, B. and Tibshirani, R. J., 1993, *An Introduction to the Bootstrap*, Chapman and Hall, New York.
- [7] Sungkono, J. (2013). Bootstrap pada r, (84), 47–54.