

Analisa Penggunaan Sinyal Radar Bentuk Pulsa dan Gelombang Kontinyu untuk Target Bergerak dengan Model *Clutter* Terdistribusi *Rayleigh*

Fery Gustomo dan Suwadi

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

e-mail: suwadi@ee.its.ac.id²⁾

Abstrak— Radar (*Radio, Detection, and Ranging*) mampu mendeteksi target untuk mendapatkan informasi berupa jarak, *azimuth*, dan kecepatan. Sinyal Radar ada dua jenis, yaitu pulsa (*Pulsed Radar*) dan gelombang kontinyu (*Continuous Wave Radar*). *Pulsed Radar* mempunyai prinsip kerja memancarkan sinyal pulsa dengan PRI (*Pulse Repetition Interval*) dan PRF (*Pulse Repetition Frequency*) tertentu dipancarkan dengan modulasi ke dalam sinyal sinusoidal dengan frekuensi yang lebih tinggi serta memanfaatkan delay dari setiap pulsanya untuk mendapatkan informasi dari target. Sedangkan *Continuous Wave Radar* mempunyai prinsip kerja memancarkan sinyal sinusoidal secara terus menerus dan memanfaatkan sinyal echo yang terdiri dari beberapa variasi frekuensi akibat adanya efek *Doppler* untuk mendeteksi target. Terdapat pengaruh jenis gelombang sinyal radar terhadap kemampuan deteksi radar. Model distribusi *Rayleigh* dipilih untuk dapat mewakili suatu kondisi lingkungan (*clutter*) yang bergerak dan mempunyai parameter kecepatan angin.

Hasil simulasi dari kedua jenis sinyal menunjukkan bahwa pada model *clutter* terdistribusi *Rayleigh*, radar CW mempunyai kemampuan deteksi yang lebih baik pada kecepatan target yang lebih tinggi, karena mampu mendeteksi target dengan kecepatan 20-60 knots. Sedangkan radar pulsa mempunyai kemampuan deteksi yang lebih baik pada kecepatan target rendah yaitu pada kecepatan 15-55 knots. Untuk Probabilitas deteksi minimum 90%, Radar CW mempunyai ketahanan yang lebih baik terhadap noise daripada radar pulsa karena kemampuan radar pulsa terbatas pada nilai SNR 20 dB. Sedangkan radar CW mampu mendeteksi target dengan baik sampai SNR bernilai 15 dB. Sedangkan untuk deteksi terhadap kecepatan target, radar CW mempunyai hasil yang lebih akurat daripada radar pulsa.

Kata Kunci— *Pulsed Radar, Continuous Wave Radar, Clutter, Rayleigh, Deteksi*

I. PENDAHULUAN

Sebagai mata bagi suatu pertahanan negara, radar merupakan salah satu komponen yang harus terus beroperasi. Kemampuan untuk mendeteksi sarannya dengan akurat, adalah hal mutlak yang harus dimiliki oleh setiap radar. Radar pulsa memancarkan dan menerima deretan sinyal pulsa yang telah termodulasi. Radar dengan sinyal bentuk pulsa dapat didefinisikan dengan beberapa parameter sebagai berikut:

- Frekuensi carrier*, yang dapat bervariasi yang bergantung pada kebutuhan desain dan misi sebuah Radar.
- Lebar pulsa, yang berkaitan dengan *bandwidth* dan menentukan besarnya *range resolution*.
- Teknik modulasi yang berbeda, yang dapat digunakan untuk meningkatkan kemampuan Radar.
- PRF (*Pulse Repetition Frequency*) yang erat kaitannya dengan daya transmit dan *range ambiguities*.

Radar dengan bentuk sinyal berupa gelombang kontinyu mempunyai prinsip kerja yaitu transmitter memancarkan gelombang dengan frekuensi f_0 secara terus-menerus, sehingga radar jenis ini harus menggunakan antenna transmitter dan receiver yang berbeda. Oleh isolator, gelombang kontinyu tersebut diteruskan ke antenna dan sebagian kecil gelombangnya bocor menuju detektor. Gelombang dengan frekuensi f_0 tersebut akan dimodulasi dengan frekuensi *carrier* f_c untuk dipancarkan. Kemudian apabila di udara bebas ada target yang bergerak dan mempunyai kecepatan relatif terhadap Radar ditangkap oleh gelombang tersebut, maka target akan memantulkan gelombang echo dengan pergeseran frekuensi f_d sesuai dengan Azas *Doppler*.

Gelombang echo tersebut akan diterima oleh antenna receiver. Kemudian gelombang echo tersebut diteruskan ke isolator untuk menuju ke detektor. Oleh detektor, gelombang echo digabung dengan sinyal referensi untuk mendapatkan f_d . Gelombang dengan frekuensi f_d kemudian diteruskan dan akan terdeteksi oleh radar.

Pada bagian II, akan dibahas mengenai proses pemodelan sistem dan simulasi. Sedangkan bagian III berisi tentang pengambilan data hasil simulasi yang kemudian akan dianalisa seberapa besar pengaruh perubahan kecepatan target dan SNR terhadap kemampuan deteksi radar, baik bentuk sinyal pulsa maupun gelombang kontinyu. Untuk kesimpulan dibahas pada bagian IV.

II. TEORI DAN PEMODELAN SISTEM

Dalam tugas akhir ini, pemodelan dilakukan dengan software Matlab yang dikerjakan pada *Matlab Editor*. *Clutter* akan dimodelkan menurut distribusi *Rayleigh*. Sedangkan sinyal akan diganggu dengan noise ideal yang bersifat AWGN (*Additive White Gaussian Noise*). Setelah diterima kembali oleh radar, sinyal echo akan dideteksi dengan Correlator dan beberapa NBF (*Narrow Band Filter*) untuk mendeteksi keberadaan target. Proses simulasi sesuai dengan metodologi pada gambar 1.

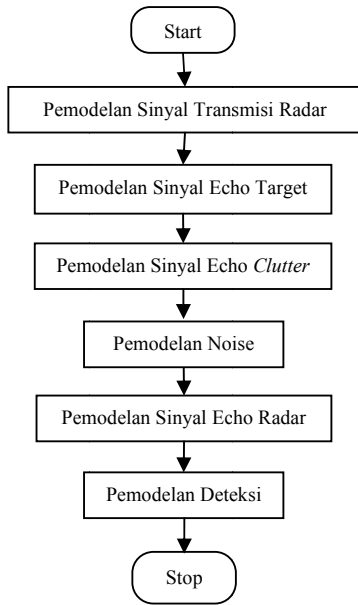
A. Pemodelan Sinyal Transmisi Radar

Pada transmitter, dibangkitkan kedua sinyal bentuk pulsa dan gelombang kontinyu dengan frekuensi operasinya. Kemudian, sinyal tersebut dimodulasi dengan frekuensi *carrier*-nya. Modulasi sinyal Radar untuk kedua bentuk sinyal radar dapat dilihat pada gambar 2.

B. Pemodelan Sinyal Echo Target

Pengertian target secara spesifik, yaitu merupakan suatu objek dari pencarian dan *tracking* Radar. Lebih luas lagi, target juga mempunyai definisi yaitu merupakan suatu objek

khusus atau spesifik yang dapat memantulkan energi sinyal kembali ke Radar [3]. Sebuah Radar mempunyai target



Gambar. 1. Diagram Alir Simulasi

berbeda-beda, tergantung dari jenis Radarnya. Misalnya pada Radar Cuaca (*Weather Radar*), awan menjadi target, sedangkan bagi Radar Surveillance, awan dan kondisi cuaca lainnya dianggap sebagai *clutter*. Sesuai dengan referensi [1], didapatkan dengan rumus:

$$\gamma = \sqrt{\sigma} \exp(j\theta) \tag{1}$$

dengan gamma, γ merupakan koefisien refleksi kompleks yang bergantung pada nilai akar dari faktor *Radar Cross Section*, σ dan eksponensial dari sudut datang, θ -nya.

Faktor amplitudo ini menyatakan besarnya redaman sinyal oleh target akibat adanya faktor-faktor propagasi [1]. Setelah diperoleh koefisien refleksinya, faktor amplitudo dapat ditentukan dengan rumus:

$$K = \left[\frac{G^2 \lambda^2 F^4}{(4\pi)^3 R^4 L} \right]^{\frac{1}{2}} \cdot \gamma \tag{2}$$

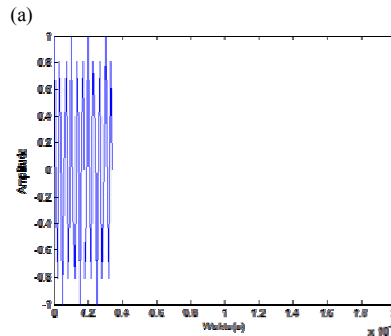
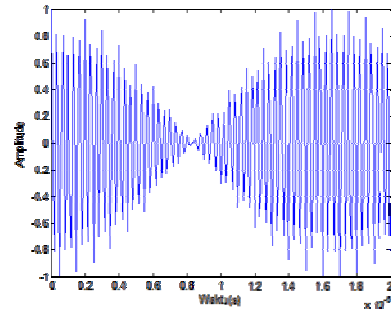
dengan G merupakan gain antenna, λ merupakan panjang gelombang, F merupakan Faktor Propagasi, R merupakan jarak Radar ke target, sedangkan L merupakan rugi-rugi (*losses*).

C. Pemodelan Sinyal Echo Clutter

Selain dari target, sinyal echo yang kembali ke Radar juga merupakan hasil pantulan dari *clutter*. *Clutter* merupakan kondisi lingkungan maupun objek selain target yang posisinya berada di sekitar target dan dapat memantulkan sinyal Radar sehingga dapat menimbulkan gangguan deteksi Radar. Penyebaran *clutter* yang acak, akan mengganggu karena sifat *clutter* yang mirip dengan noise dimana mempunyai fase dan amplitudo yang tidak tentu. Dalam banyak kejadian, level sinyal *clutter* lebih besar daripada noise.

Besarnya sinyal yang kembali ke Radar [1], dapat dihitung dengan persamaan:

$$h_{av} = \left(\frac{v_w(m/s)}{8.67} \right)^{2.5} \tag{3}$$



(b) Gambar. 2. Modulasi sinyal Radar (a) CW (b)Pulsa

dimana h_{av} merupakan tinggi rata-rata gelombang laut, sedangkan v_w merupakan kecepatan anginnya. v_w juga digunakan untuk menghitung besarnya faktor angin (*wind factor*) [1], A_w sesuai persamaan:

$$A_w = \left(\frac{1.9425 v_w}{1 + v_w/15} \right)^{1.1(\lambda+0.02)^{-0.4}} \tag{4}$$

Selanjutnya, untuk menghitung faktor kekasaran permukaan, σ_θ [1] dapat digunakan rumus:

$$\sigma_\theta = \frac{(14.4 \lambda + 5.5) \Psi h_{av}}{(\lambda + 0.02)} \tag{5}$$

dengan Ψ merupakan sudut *grazing angle*.

Kemudian, untuk menghitung nilai faktor arah angin, A_u dan faktor interferensi, A_i [1] dapat digunakan rumus:

$$A_u = \exp(0.2 \cos \theta (1 - 2.8\Psi)(\lambda + 0.02)^{-0.4}) \tag{6}$$

$$A_i = \frac{\sigma_\theta^4}{1 + \sigma_\theta^4} \tag{7}$$

Setelah didapatkan ketiga faktor di atas, dapat dihitung besarnya koefisien penyebaran *clutter*nya, σ^0 [1] sesuai rumus:

$$\sigma^0 = 10 \ln(3.9 \times 10^{-6} \lambda \Psi^{0.4} A_i A_u A_w) \tag{8}$$

Setelah langkah-langkah di atas dilakukan, dapat diketahui RCS dari *clutter*, σ_c sesuai dengan rumus [1]:

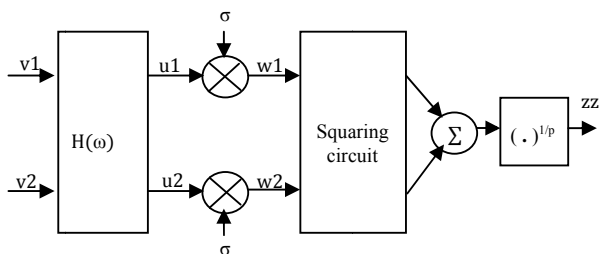
$$\sigma_c = \sigma^0 A_c \tag{9}$$

dimana A_c merupakan *clutter area* yang didapatkan dari tetapan laut (S_{state}), *beam width*(θ_{3dB}), dan lebar pulsanya (τ):

$$A_c \approx R \theta_{3dB} \frac{c \tau}{2} \sec \Psi \tag{10}$$

Tabel 1.
World Meteorological Organisation Sea State [5]

S _{state}	Wave Height (ft)	Description
0	0	Calm, Glassy
1	0 – 1/3	Calm, Rippled
2	1/3 – 2	Smooth, Wavelets
3	2 – 4	Slight
4	4 – 8	Moderate
5	8 – 13	Rough
6	13 – 20	Very Rough
7	20 – 30	High
8	30 – 45	Very High
9	> 45	Phenomenal



Gambar 3. Pembangkitan Distribusi Rayleigh [6]

$$\Psi = \sin^{-1} \frac{\lambda}{4 h_{rms}} \tag{11}$$

$$h_{rms} = 0.025 + 0.046 S_{state}^{1.72} \tag{12}$$

S_{state} merupakan suatu tetapan yang menggambarkan kekasaran (*roughness*) dari permukaan air laut [5]. Tingkatan S_{state} dapat dilihat pada tabel 1.

Amplitude Sea Factor merupakan suatu faktor yang mempengaruhi amplitudo dari sinyal yang diterima kembali oleh Receiver Radar. Dari semua parameter yang telah didapat, dapat ditentukan besarnya *amplitude factor* [1], K_{sea} menurut persamaan:

$$K_{sea} = \left[\frac{P_t G^2 \lambda^2 F^2}{(4\pi)^3 R^4 L} \right]^{1/2} \cdot \sqrt{\sigma_c} \tag{13}$$

K_{sea} selanjutnya digunakan untuk menghitung besarnya power spectrum [1] sesuai dengan rumus:

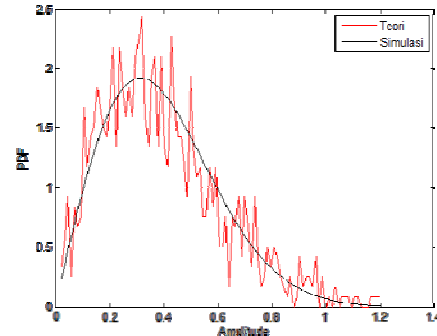
$$S_{sea}(t) = K_{sea} \cdot A(t)e^{j\phi} \tag{14}$$

dimana S_{sea}(t) merupakan power spectrum dari *clutter*, A(t) merupakan faktor amplitudo dari *clutter* yang mengikuti distribusi Rayleigh, dan e^{jφ} merupakan *Doppler velocity factor*-nya.

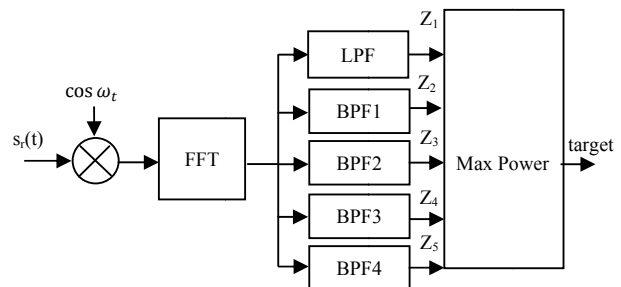
Untuk membangkitkan *random variable* dengan distribusi Rayleigh, digunakan metode sesuai referensi [6], dengan blok diagram pada gambar 3. *Probability Density Function* (PDF) dari Distribusi Rayleigh yang ditampilkan pada gambar 4, yaitu sesuai dengan referensi [1]:

$$f(x; \sigma) = \frac{x}{\sigma^2} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}, x \geq 0, \sigma \geq 0 \tag{15}$$

Sedangkan *Cumulative Density Function* (CDF) dari Distribusi Rayleigh yaitu:



Gambar. 4. Perbandingan PDF Distribusi Rayleigh teori dan simulasi



Gambar. 5. Proses Demodulasi dan Deteksi pada Receiver [7]

$$F(x) = 1 - e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}, x \in [0, \infty] \tag{16}$$

D. *Pemodelan Noise*

Dari setiap propagasi komunikasi, pasti mengalami perubahan sinyal akibat gangguan dari noise. Pada tugas akhir ini menggunakan noise dengan asumsi AWGN (*Additive White Gaussian Noise*). Noise AWGN bersifat *additive* (menambahkan sinyal), *white* (berada pada sepanjang spektrum frekuensi kerja), *gaussian* (mempunyai distribusi Normal/*Gaussian*).

E. *Pemodelan Sinyal Echo Radar*

Setelah ketiga elemen echo sinyal, yaitu sinyal echo target, sinyal echo *clutter* dan noise diperoleh, maka sinyal echo radar secara keseluruhan dapat diperoleh dari penjumlahan ketiga sinyal tersebut[1].

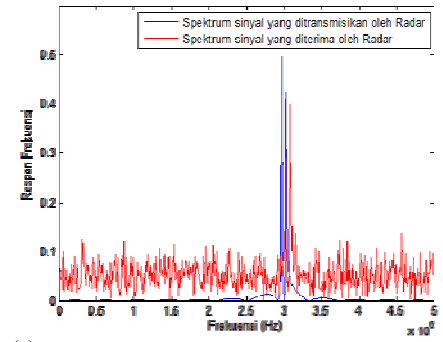
F. *Pemodelan Deteksi*

Pada receiver, sinyal yang diterima akan mengalami proses demodulasi, kemudian dideteksi pada detektor. Deteksi dilakukan pada domain frekuensi menggunakan beberapa NBF (*Narrow Band Filter*) [2].

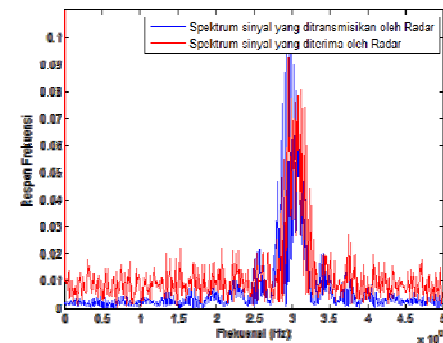
Pada prosesnya, deteksi dilakukan dengan tahap-tahap sebagai berikut:

- Sinyal echo yang telah kembali ke radar, kemudian didemodulasi dengan sinyal referensi yang berasal dari transmitter sehingga didapatkan sinyal dengan frekuensi Doppler yang mendekati frekuensi baseband dan terpisah dari frekuensi transmittnya. Demodulasi dilakukan dua kali untuk memisahkan f_c, f dan f_d-nya
- Sinyal yang diperoleh, akan selanjutnya dikonversikan ke dalam spektrum dengan domain frekuensi. Perubahan dari domain waktu ke domain frekuensi menggunakan FFT (*Fast Fourier Transform*).

c. Selanjutnya, sinyal ini akan difilter dengan LPF (*Low Pass Filter*) dan beberapa BPF (*Band Pass Filter*) dengan bandwidth yang sempit (*Narrow Band Filter*).



(a)



(b)

Gambar. 6. Pergeseran spektrum sinyal Radar akibat frekuensi *Doppler* (a) CW (b) Pulsa

Rentang frekuensi LPF dihitung dari frekuensi nol (0 Hz) sampai dengan kecepatan minimum kapal. Sedangkan bandwidth BPF dihitung berdasarkan kecepatan kapal minimum dan maksimum sebagai frekuensi *cut-offnya*. BPF terakhir digunakan sebagai pembanding dan sekaligus pembatas kecepatan target maksimum.

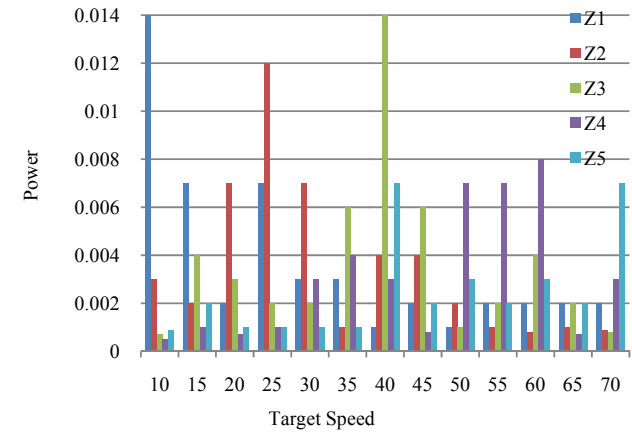
d. Pada akhirnya, spektrum hasil dari output kedua filter dibandingkan. Jika power dari output Z_1 atau Z_5 lebih kecil dari output $Z_2, Z_3,$ dan Z_4 , maka akan terdeteksi oleh radar sebagai target. Sebaliknya, jika power dari output Z_1 atau Z_5 lebih besar dari output $Z_2, Z_3,$ dan Z_4 , maka akan terdeteksi oleh radar sebagai target. Daya sinyal dihitung dengan menggunakan fungsi variansi.

III. HASIL SIMULASI DAN ANALISA

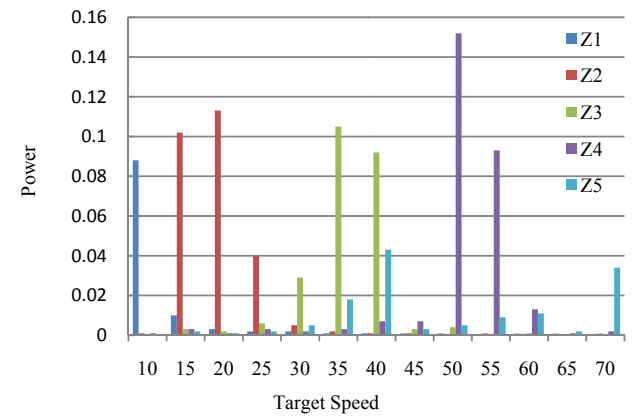
Berikut merupakan beberapa hasil dari simulasi yang telah dilaksanakan dari kedua bentuk sinyal radar, diantaranya meliputi bentuk sinyal termodulasi pada gambar 2, perbandingan PDF dari *clutter* antara teori dan simulasi yaitu pada gambar 4, spektrum sinyal yang mengalami pergeseran frekuensi akibat adanya pengaruh *Doppler shift* pada gambar 6.

Digunakan beberapa parameter dan asumsi yang sangat berpengaruh terhadap hasil simulasi, yaitu: frekuensi radar $f = 30$ kHz, frekuensi carrier $f_c = 9$ MHz, waktu, t yaitu antara 0 sampai dengan 100 μs , cepat rambat gelombang elektromagnetik $c = 3 \times 10^8$ m/s, asumsi maksimum kecepatan target = 50 knots, gain antenna $G = 23$ dBi, faktor propagasi $F = 2$, losses $L = 8$ dB, daya pancar $P_t = 3$ Watt, asumsi jarak target $R = 20$ nmi, RCS (Radar Cross Section) $\sigma = 10$ m², asumsi sudut datang $\theta = 5^\circ$, kecepatan angin $v_w = 10$ m/s, Sea State (S_{sea}) = 3, half power beamwidth $\theta_{3dB} = 1.5^\circ$

Data hasil simulasi perbandingan output NBF dengan parameter kecepatan target yang bervariasi dari 10-70 knots



(a)



(b)

Gambar. 7. Grafik Hasil Simulasi output NBF (a) CW (b) Pulsa

ditampilkan pada gambar 7 dalam bentuk grafik, sedangkan pada gambar 8 merupakan data hasil simulasi untuk melihat probabilitas deteksi (*Probability of Detection*), yang biasa disingkat P_D . Sesuai dengan referensi [4], bahwa besarnya P_D minimum ditentukan sebesar 0.90=90%.

A. Analisa pengaruh kecepatan target terhadap kemampuan deteksi radar

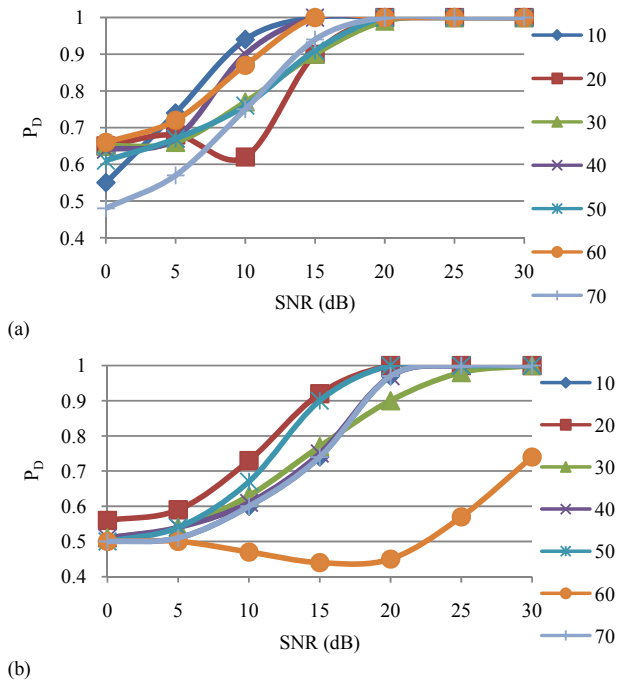
Dari data hasil simulasi pada radar pulsa, terlihat bahwa radar ini mempunyai kemampuan deteksi untuk target dengan rentang kecepatan antara 15 knots sampai dengan 60 knots. Sedikit lebih baik daripada CW radar.

B. Analisa pengaruh SNR terhadap kemampuan deteksi radar

Pada analisa selanjutnya, akan dibahas mengenai pengaruh besarnya SNR terhadap kemampuan deteksi radar. Pada tahap ini dilakukan 100 kali simulasi untuk mengetahui besarnya P_D dari masing-masing proses deteksi.

Dari data-data yang telah diperoleh pada gambar 8, pada bentuk sinyal radar gelombang kontinyu (CW), terlihat bahwa radar CW mampu bertahan dengan kualitas deteksi yang baik ($P_D \text{ min} = 0,90$) hingga SNR bernilai 15 dB. Pada nilai $SNR \leq 10$ dB, hasil deteksi semakin buruk, karena semakin banyak terjadi kesalahan deteksi. Hal ini dikatakan gagal, karena dari beberapa variasi kecepatan terlihat bahwa P_D lebih dari 0,90. Maka, deteksi pada nilai $SNR \leq 10$ dB

dapat dikatakan gagal karena hasilnya tidak memenuhi P_D minimum.

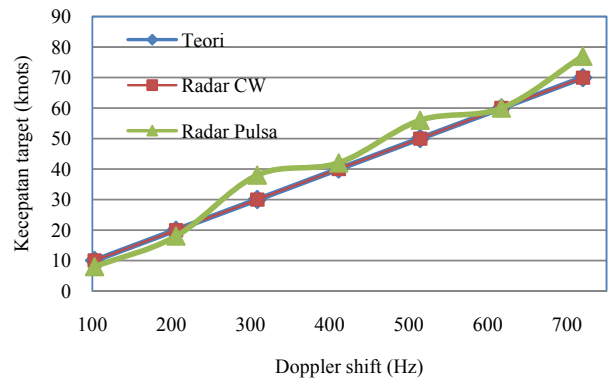


Gambar. 8. Grafik Hasil Simulasi *Probability of Detection* (a) CW (b) Pulsa

Sedangkan untuk radar dengan bentuk sinyal pulsa, keberhasilan deteksi pada $SNR \geq 20$ dB. Pada deteksi dengan nilai SNR tersebut, masih di atas batas bawah $P_D=0,90$. Kecuali pada kecepatan 60 knots, terlihat bahwa P_D sangat rendah. Artinya pada kecepatan ini, radar pulsa gagal mendeteksi target. Hal ini disebabkan karena radar pulsa mempunyai batas kemampuan deteksi maksimum mendekati 60 knots. Sehingga untuk deteksi pada kecepatan 60 knots dikatakan gagal, walaupun pada percobaan sebelumnya, radar mampu mendeteksi target bergerak dengan kecepatan hingga 60 knots. Kemudian untuk $SNR \leq 20$ dB, deteksi juga gagal karena P_D mempunyai harga di bawah 0,90. Artinya, radar pulsa mempunyai ketahanan yang lebih rendah terhadap noise.

B. Analisa deteksi frekuensi Doppler pada radar CW dan pulsa

Simulasi yang terakhir adalah analisa mengenai deteksi terhadap kecepatan target. Target yang telah terdeteksi keberadaannya sebelumnya, diambil data pergeseran *Doppler*-nya, kemudian dikonversi kembali ke data kecepatan target.



Gambar 4.5 Hasil Deteksi Kecepatan pada Radar CW dan Pulsa

Pada grafik 4.5 di atas, terlihat dengan jelas perbandingan deteksi kecepatan dari kedua bentuk sinyal radar. Pada radar CW, hasil deteksinya sama dengan perhitungan secara teori untuk semua variasi kecepatan dari 10-70 knots. Hal ini berarti bahwa radar CW dapat mendeteksi kecepatan secara akurat. Sedangkan untuk radar pulsa, mempunyai grafik yang bergeser dari perhitungan teorinya. Hanya pada kecepatan 60 knots, radar pulsa dapat mendeteksi kecepatan secara akurat. Oleh karena itu, radar CW mempunyai kemampuan yang lebih baik pada deteksi kecepatan.

IV. KESIMPULAN

Dari simulasi dan analisa data yang telah dilaksanakan, dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Parameter kecepatan target mempengaruhi kemampuan deteksi dari kedua bentuk sinyal radar akibat adanya pergeseran spektrum yang ditimbulkan oleh besarnya frekuensi *Doppler*. Pada *clutter* terdistribusi *Rayleigh*, Radar CW mempunyai kemampuan deteksi yang lebih baik pada target bergerak dengan kecepatan yang lebih tinggi, karena mampu mendeteksi target dengan kecepatan 20 - 65 knots. Sedangkan radar pulsa mempunyai kemampuan deteksi yang lebih baik untuk target bergerak pada kecepatan target rendah yaitu pada kecepatan 15 - 55 knots.
2. Besarnya SNR berpengaruh pada hasil deteksi radar, baik bentuk pulsa maupun gelombang kontinyu. Semakin besar SNR, maka *Probability of Detection* (P_D) akan semakin besar. Sebaliknya, jika SNR semakin kecil, maka P_D juga semakin kecil. Pada *clutter* terdistribusi *Rayleigh*, radar CW mempunyai ketahanan yang lebih baik terhadap noise daripada radar pulsa karena kemampuannya mampu mendeteksi target bergerak dengan baik sampai SNR bernilai 15 dB. Sedangkan radar pulsa terbatas pada nilai SNR 20 dB.
3. Pada radar CW, hasil deteksinya sama dengan perhitungan secara teori untuk semua variasi kecepatan dari 10-70 knots. Hal ini berarti bahwa radar CW dapat mendeteksi kecepatan secara akurat. Sedangkan untuk radar pulsa, mempunyai grafik yang bergeser dari perhitungan teorinya. Hanya pada kecepatan 60 knots, radar pulsa dapat mendeteksi kecepatan secara akurat. Oleh karena itu, radar CW mempunyai kemampuan yang lebih baik pada deteksi kecepatan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Qin Hua, Cha Hao, Zhou Mo. "*Simulation and Modeling of Radar Echo Signal*". Institute of Ocean Electromagnetic Environment Naval University of Engineering Wuhan, China. 2012.
- [2] Mahafza, Bassem R. "*Radar System Analysis and Design Using Matlab*". Chapman & Hall/CRC. Washington DC. 2000.
- [3] Barton, David K. "*Radar Technology Encyclopedia*". Artech House. Boston. 1998.
- [4] Eaves, Jerry L. and Reedy, Edward K. "*Principles of Modern Radar*". Van Nostrand Reinhold Company Inc. USA. 1987
- [5] Keith D. Wards, Robert JA Tough, Simon Watts. "*Sea Clutter: Scattering, the K-Distribution, and Radar Performance*". IET Radar, Sonar and Navigation Series 20. London. 2006
- [6] M. Janes Marrier, Jr. "*Correlated K-Distributed Clutter Generation for Radar Detection and Track*". IEEE Transactions On Aerospace And Electronic Systems Vol. 31, No. 2. Minneapolis, Minnesota. 1995
- [7] Merrill L, Skolnik. "*Introduction to Radar System*", Second Edition. Mc Graw Hill Book Company. Singapore. 1981