

Pengembangan Simulasi Sinyal Radar dan Proses *Interleaving* Sebagai Inputan pada Radar *Detector*

Norma Ningsih¹

¹Jurusan Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi
STIKOM Surabaya
norma@stikom.edu

Abstrak

Dalam peperangan modern yang menggunakan elektronik, banyak dikembangkan sistem deteksi sinyal radar. Radar adalah deteksi objek sistem yang dapat menggunakan gelombang radio untuk mendeteksi, menentukan jarak dan mengukur kecepatan dari suatu objek. Untuk dapat mengembangkan radar detector yaitu sistem yang dapat mendeteksi radar sesuai dengan parameter yang dipancarkan sinyal radar berupa Pulse Descriptor Word (PDW), diperlukan suatu simulator yang dapat menghasilkan berbagai macam karakteristik sinyal radar sesuai dengan karakteristik yang sebenarnya dilapangan. Termasuk karakteristik sinyal radar yang berfungsi untuk mengecoh radar detector, dengan cara mensimulasikan berbagai macam tipe PRI dan frekuensi (hopping dan agility). Sinyal yang dipancarkan oleh beberapa radar akan diterima disisi penerima dalam keadaan tumpang tindih (interleaving) sesuai dengan nilai Time Of Arrival (TOA) dan PRI dari masing-masing sinyal radar. Pada sisi penerima yaitu radar detector, sinyal yang mengalami interleaving akan diuraikan kembali dengan menganalisa parameter PRI dari sinyal radar menggunakan metode sequence search. Hal ini bertujuan agar penerima dapat mengenali apakah sinyal tersebut berasal dari radar musuh atau tidak. Dengan menggunakan metode sequence search, sinyal yang diterima pada radar detector dapat dipisahkan sesuai dengan nilai PRI yang diinputkan yaitu PRI dengan nilai 1 μ s, 1.4 μ s dan 2.23 μ s.

Kata kunci: Radar, Interleaving, Sequence Search.

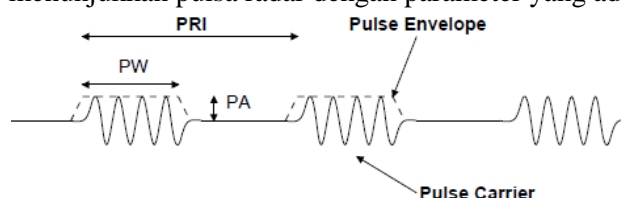
Abstract

In modern warfare that use electronics, many developed radar signal detection system. Radar is an object detection object that uses radio wave to detect, to determine the distance and to measure the speed of an object. In order to develop a radar detector that can detect radar system in accordance with the parameters of the transmitted radar signal in the form of Pulse Descriptor Word (PDW), we need a simulator that can produce a wide range of radar signal characteristics in accordance with the actual characteristics of the radar signal characteristics. Including the function to outwit radar detector, a way to simulate various types of PRI and frequency (hopping and agility). The signals emitted by multiple radars will be received at the receiver in a state of overlapping (interleaving) in accordance with less value Time Of Arrival (TOA) and the PRI of each radar signal. On the receiving side, namely radar detector, signal suffered back interleaving will be described by analyzing the parameters of PRI of radar signals using sequence search method. It is intended that the receiver can recognize whether the signal came from enemy radar or not. By using sequence search, the received signal at the radar detector can be separated according to the value that the PRI. PRI is entered with a value of 1 s, 1.4 μ s and 2.23 μ s.

Keywords: Radar, Interleaving, Sequence Search.

1. PENDAHULUAN

Radar adalah deteksi objek sistem yang dapat menggunakan gelombang radio untuk mendeteksi, menentukan jarak dan mengukur kecepatan dari suatu objek. Pada sistem radar diperlukan *beamwidth* yang sempit sehingga didapatkan *gain* dan direktivitas yang tinggi untuk menentukan resolusi sudut dari radar tersebut, sehingga dapat mendeteksi dan membedakan objek-objek yang berdekatan [1]. Pada zaman teknologi inibanyak negara menyadari keunggulan dari peperangan elektronik (*Electronic Warfare*). Radar merupakan bagian perangkat dari elemen elektronik *Electronic Warfare* (EW) diklasifikasikan menjadi tiga kategori yaitu *Electronic Support Measure* (ESM), *Electronic Support* (ES) dan *Electronic Attack* (EA) [2]. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan simulator yang berfungsi untuk mensimulasikan sinyal radar yang berjenis pulsa radar dengan karakteristik elektromagnetiknya sehingga dapat mewakili karakteristik pulsa radar yang sebenarnya. Jenis – jenis sinyal radar tersebut akan dibangkitkan secara serentak dan memiliki parameter sinyal yang berbeda antara sinyal radar satu dengan sinyal radar lainnya. Parameter radar tersebut terdiri dari Frekuensi (RF), *Angle of Arrival* (AOA), *Time of Arrival* (TOA), *Pulse Width* (PW) dan *Pulse Repetition Interval* (PRI). Gambar 1 menunjukkan pulsa radar dengan parameter yang ada didalamnya.



Gambar 1. Deskripsi Pulsa Radar [3]

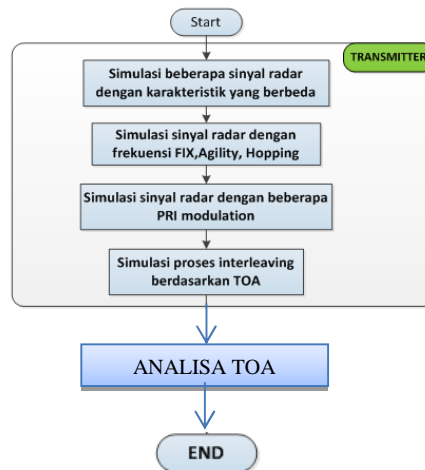
Radar Detektor menerima sinyal atau gelombang elektromagnetik dari banyak radar dengan berbagai macam parameter [4]. Sistem radar terbaru dilengkapi dengan frekuensi *hopping* dan *agility* serta menggunakan modulasi *Pulse Repetition Interval* (PRI) yang lebih rumit seperti PRI berjenis *stagger*, *sinusoidal* dan *triangular* PRI. Sehingga simulator yang dibuat tidak hanya mampu menghasilkan frekuensi *carrier* radar yang regular (*monochromatic*), tetapi juga harus dapat menghasilkan keluaran dari radar dengan *frekuensi hopping*. Parameter-parameter pada sinyal radar di desain dengan model parameter yang lebih rumit, bertujuan untuk menghindari monitoring dari radar detektor. Dengan perkembangan teknologi yang bertujuan untuk membangkitkan dan mengembangkan pemodelan sinyal radar, maka perlu dikembangkan sistem radar detektor yang mampu untuk menganalisa perubahan frekuensi dan PRI dari masing-masing sinyal radar yang diterima pada radar detektor pemodelan sinyal radar.

Performa radar sangat dipengaruhi oleh parameter yang ada pada pulsa radar, namun salah satu parameter yang sangat penting pada pulsa radar adalah *Pulse Repetition Interval* (PRI) dimana PRI adalah waktu dari *leading edge* (ujung tepi) dari satu pulsa radar ke *leading edge* pulsa radar berikutnya [2]. Pada sisi penerima yaitu radar detektor proses analisa sinyal dilakukan dengan menganalisa nilai TOA dari masing-masing pulsa. Nilai *Time of Arrival* (TOA) dipengaruhi oleh jarak dan nilai PRI dari masing-masing radar. Pada [5] nilai PRI diketahui menggunakan analisis histogram dari TOA yang berbeda antara deretan pulsa yang diterima. Metode ini memiliki beberapa keterbatasan diantaranya adalah munculnya *histogram bins* yang akan mengakibatkan kesalahan atau kesulitan untuk mengidentifikasi jenis radar.

Proses analisa sinyal pada radar detektor dilakukan dengan dua tahap yaitu dengan metode *clustering* dan *PRI detection* [2]. Berdasarkan penjelasan yang dipaparkan tersebut, pada penelitian ini mengusulkan metode *sequence search* untuk menganalisa sinyal yang saling interleaving pada sisi penerima yaitu radar detektor. Metode *sequence search* melakukan analisa berdasarkan nilai PRI dari masing-masing radar dengan tujuan untuk mengurutkan pulsa radar berdasarkan kelompok nilai PRI.

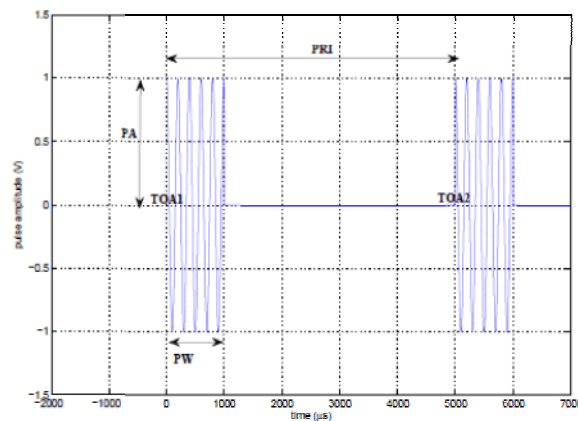
2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dibuat simulasi sinyal radar dan proses *deinterleaving* pada penerima atau radar detektor dengan membangkitkan beberapa radar yang memiliki parameter berbeda satu sama lain secara bersamaan. Parameter – parameter yang dibangkitkan untuk membuat simulator ini diantaranya adalah TOA (*Time Of Arrival*), PA (*Pulse Amplitudo*), Frekuensi, AOA (*Angle Of Arrival*) dan PW (*Pulse Width*). Radar simulator yang dibangkitkan selanjutnya akan mengirimkan sinyal dari beberapa radar ke sisi penerima secara serentak sesuai karakteristik masing – masing sehingga dalam proses pengirimannya terjadi *interleaving* (tumpang tindih) antara sinyal dari radar satu dan sinyal dari radar lainnya yang dipengaruhi oleh TOA dari masing-masing sinyal radar. Penerima dalam penelitian ini berupa radar detektor yang memiliki fungsi utama yaitu untuk deteksi sinyal radar. Proses deteksi radar dapat dilakukan dengan cara *deinterleaving* terhadap sinyal-sinyal yang sampai pada sisi *receiver* untuk pengelompokkan kembali parameter-parameter dari masing – masing radar yang bersesuaian. Pada penelitian ini akan dilakukan proses pembangkitan beberapa sinyal radar dan pengiriman pada sisi *receiver* sehingga terjadi *interleaving*, kemudian dilakukan proses *deinterleaving* yang dilakukan dengan metode sederhana berupa *sequence search*. Gambar 2 menunjukkan *flowchart* sistem yang menjelaskan simulasi yang dilakukan pada penelitian ini.



Gambar 2. Flowchart Sistem

Gambar 3 menunjukkan parameter – parameter yang disimulasikan pada pulsa radar, diantaranya adalah Frekuensi (RF), Time of Arrival (TOA), Pulse Width (PW) dan Angle of Arrival (AOA).



Gambar 3. Parameter yang Disimulasikan pada Pulsa Radar

2.1 Pembangkitan Sinyal

Sinyal dari beberapa radar yang memiliki parameter berbeda antara radar satu dengan radar lainnya dibangkitkan secara. Salah satu parameter yang disimulasikan adalah *Pulse Repetition Interval* (PRI). Pemodelan sinyal secara matematis dari masing-masing PRI dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. PRI *Constant* adalah tipe PRI yang sederhana. Pulsa di ulang secara *constant* dengan interval T . Deretan TOA dan PRI *constant* yaitu:

$$t_n^{cons} = nT + \varphi + \sigma z_n \quad (1)$$

$$p_n^{cons} = T + \sigma \quad (2)$$

dimana : T adalah Interval

n adalah Deretan pulsa

z_n adalah Gaussian noise

σ adalah varians

φ adalah waktu antara pulsa yang diterima

2. PRI *Jitter* adalah variasi TOA secara random dari pulsa dibatasi dalam sebuah interval dimana bias any anilai jitter maximum adalah $0.3T$.

$$p_n^{jitt} = T + J \quad (3)$$

dimana J adalah nilai jitter

3. PRI *Stagger* memiliki M PRI level, $T_i, i = 0,1,2 \dots M$, dimana nilai M biasanya antara 2 hingga 8 level.

$$p_n^{cons} = T_{n \bmod M} \quad (4)$$

4. PRI *Sliding* yaitu modulasi yang meningkat secara berkala

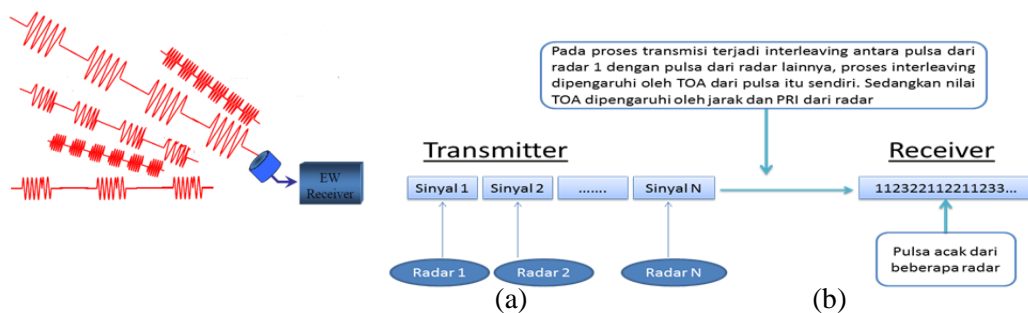
$$p_n^{cons} = T_{start} + T_{step}((n - 1) \bmod M) \quad (5)$$

5. PRI *Dwell and Switch* adalah PRI yang memiliki M PRI level, di aktifkan dari kelompok pulsa satu ke yang lain

$$P_n^{DS} = T_{q(n)} + \sigma$$

2.2 Proses *Interleaving*

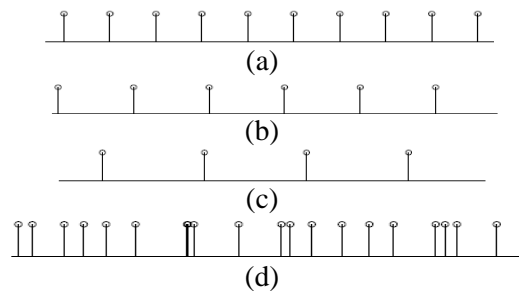
Proses *interleaving* dipengaruhi oleh nilai TOA (*Time of Arrival*) dari pulsa. Nilai TOA dipengaruhi oleh jarak dan PRI (*Pulse Repetition Interval*) dari masing-masing radar. Pada gambar 4 (a) menunjukkan sinyal dari berbagai radar dengan parameter radar (PW, AOA, Frekuensi dan PRI) yang berbeda. Salah satu parameter yang paling penting untuk deteksi sinyal radar adalah mengidentifikasi nilai PRI dari masing-masing radar. Nilai PRI dapat diperoleh dengan menganalisa nilai TOA yang diterima oleh *receiver* seperti halnya yang di jelaskan pada gambar 4 (b).



Gambar 4. (a) Proses *Interleaving* pada Sinyal Radar dan (b) Proses *Interleaving* TOA Sinyal Radar

Gambar 5 menunjukkan contoh dari deretan pulsa radar dengan beberapa parameter. Dicontohkan terdapat tiga nilai TOA yang berbeda pada masing-masing sinyal, selanjutnya pada proses transmisi akan terjadi *interleaving* antara sinyal satu dengan sinyal lainnya. Proses *interleaving* ini tergantung dari nilai TOA dari sinyal/ pulsa. Pulsa yang tiba pada penerima

mengekstrak parameter *intra-pulse* dari setiap pengukuran (TOA, Frekuensi, lebar pulsa, AOA, Amplitudo dan sebagainya). Pulsa dari satu atau lebih pemancar, kemungkinan akan terjadi kerusakan akibat adanya *noise* dan kesalahan perhitungan pada proses *deinterleaving*.

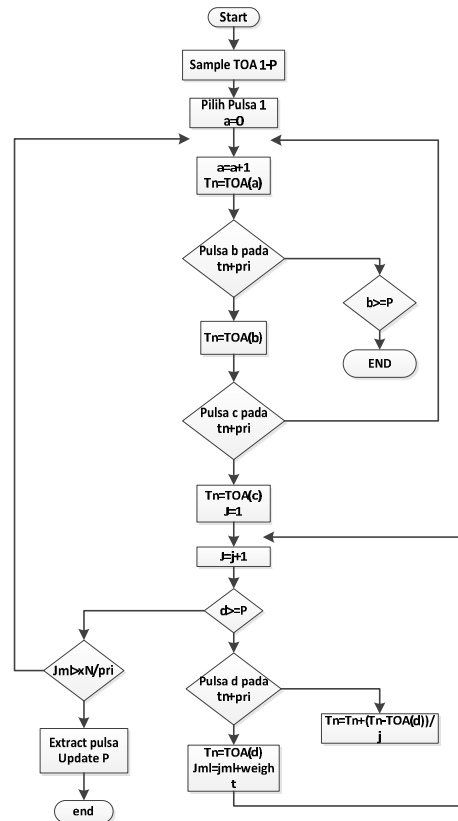


Gambar 5. Deretan Pulsa (a) Radar 1 (b) Radar 2 (c) Radar 3 (d) Hasil Interleaving

2.3 Sequence Search

Pada sisi penerima yaitu radar detektor, *Sample TOA* sinyal dari sumber yang berbeda kemudian disorting sesuai dengan TOA dari masing-masing radar. *Sequence search* berfungsi untuk mengidentifikasi PRI dari radar dengan berusaha mengurutkan deretan pulsa berdasarkan kelompok nilai PRI yang sesuai (kelompok pulsa yang periodik). Pada gambar 6 menunjukkan langkah-langkah untuk melakukan analisa pulsa radar menggunakan metode *sequence search*. Berikut ini adalah langkah-langkah *sequence search*:

1. Mengasumsikan nilai inialisasi estimasi PRI. Algoritma dimulai dari pulsa pertama (t_1) kemudian mencari pulsa yang lain ($t_1 + \text{PRI}$)
2. Jika pulsa tidak ditemukan, algoritma merestart dengan pulsa ke-2
3. Jika pulsa ditemukan, algoritma meneruskan dengan pulsa ini dan mencari pulsa berikutnya
4. Setelah menemukan pulsa ke-3, algoritma meneruskan dengan mencari pulsa berikutnya dengan mengijinkan 1 *missing pulse*. ($t_{\text{last}} + 2 * \text{PRI}$), ketika pulsa berikutnya tidak ditemukan.
5. Jika pulsa kedua *missing*, algoritma berhenti dan kembali dengan jumlah pulsa yang berhasil ditemukan.
6. Jika jumlah pulsa lebih besar daripada nilai sebelumnya, PRI ini dianggap benar ($b \geq P$)
7. Jika tidak ada pulsa yang ditemukan dengan PRI ini, algoritma direstart untuk PRI yang lain

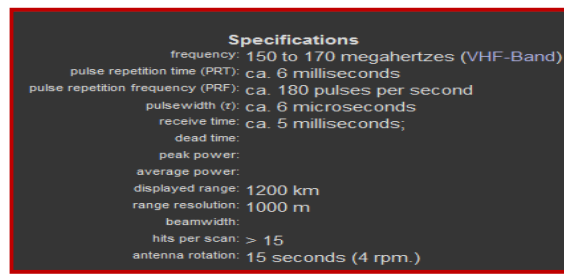


Gambar 6. Flowchart Sequence Search

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil simulasi yang telah dilakukan dalam proses penyelesaian penelitian ini terdiri dari 3 tahapan yang telah dilakukan yaitu (1) pembangkitan sinyal radar dengan berbagai macam parameter sinyal yang berbeda dan pembuatan database pada *localhost* untuk menyimpan nilai parameter radar, (2) simulasi sinyal Transmisi radar berupa sinyal diskrit hingga terjadi *interleaving* (tumpang tindih), dan (3) simulasi pada penerima yaitu berupa radar detektor untuk melakukan *deinterleaving* terhadap sinyal yang diterima. Untuk simulasi sinyal radar dan sinyal pada penerima digunakan program matlab.

Simulasi Sinyal Radar pada *transmitter* akan disimulasikan beberapa sinyal radar dengan berbagai macam parameter yang berbeda. Parameter yang membedakan antara sinyal satu dengan sinyal lainnya adalah jenis modulasi PRI (*PRI constant*, *PRI jitter*, *PRI stagger*, *PRI dwell&Switch*, *PRI Sliding*), nilai PRI, *Pulse Width* dan frekuensi (*Fix* atau *Hopping*). Gambar 8 adalah contoh dari spesifikasi radar Oborona "Tall King C" [6] dimana terdapat parameter-parameter yaitu frekuensi, *pulse repetition interval* (PRI), lebar pulsa, waktu yang diterima, *range resolution*, rotasi antenna dan *hits per scan*. Parameter tersebut dibutuhkan untuk pembangkitan sinyal radar.



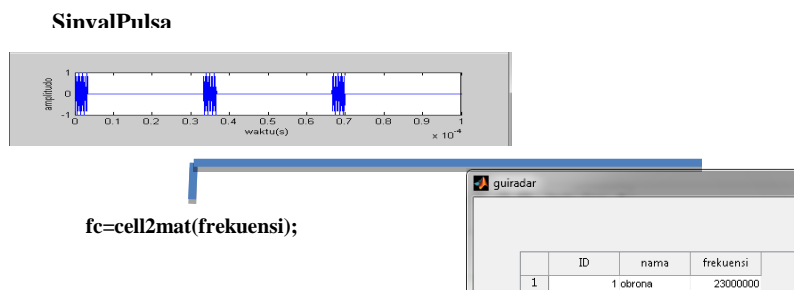
Gambar 7. Parameter Oborona “Tall King C”

Sebagian dari parameter radar akan disimpan pada database. Untuk penelitian ini database yang digunakan yaitu MySQL. Untuk parameter yang dapat di simpan pada database merupakan parameter basic radar, seperti frekuensi, *pulse width*, dan AOA dan sebagainya. Database akan dipanggil pada *localhost*. *Localhost* adalah sebutan untuk memanggil *hosting* pada komputer lokal yang telah diinstal web server. Gambar 8 merupakan contoh database yang dibuat pada *localhost*. Dimana terdapat empat jenis radar yang memiliki parameter yang berbeda-beda.

	no	nama_rdr	frek	pri	tau	DOA
<input type="checkbox"/> Edit <input type="checkbox"/> Inline Edit <input type="checkbox"/> Copy <input type="checkbox"/> Delete	1	oborona	150	6000	6	1
<input type="checkbox"/> Edit <input type="checkbox"/> Inline Edit <input type="checkbox"/> Copy <input type="checkbox"/> Delete	2	indera	8000	4000	4	2
<input type="checkbox"/> Edit <input type="checkbox"/> Inline Edit <input type="checkbox"/> Copy <input type="checkbox"/> Delete	3	tin_shield	4000	700	6	5
<input type="checkbox"/> Edit <input type="checkbox"/> Inline Edit <input type="checkbox"/> Copy <input type="checkbox"/> Delete	4	rainscanner	9410	1000	1	3

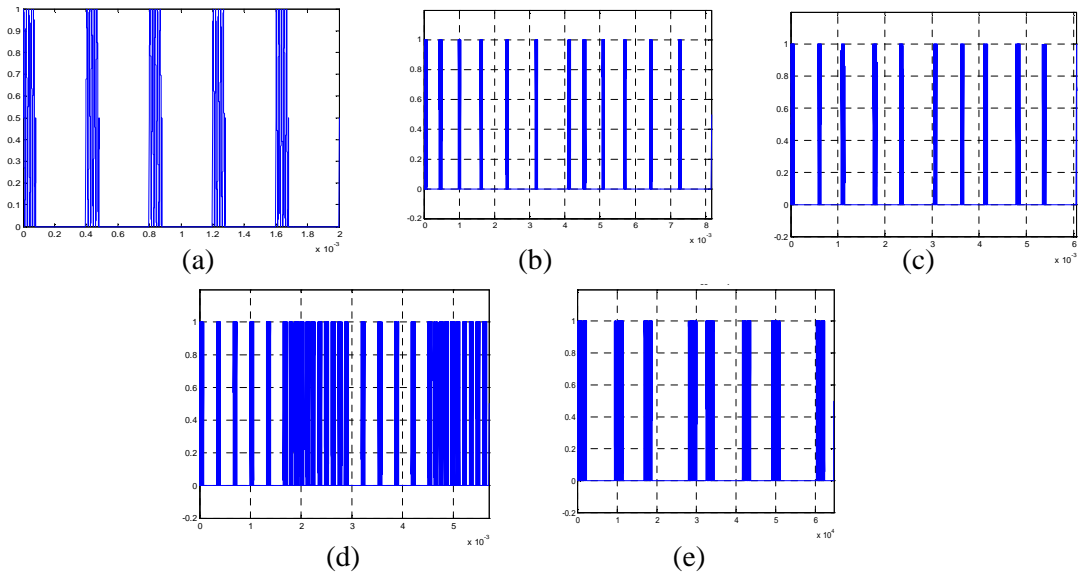
Gambar 8. Database Parameter Beberapa Radar

Gambar 9 menggambarkan sinyal pulsa radar yang memiliki 23 MHz dimana nilai frekuensi diperoleh dari database yang sebelumnya sudah dibuat pada *Microsoft Access*.



Gambar 9. Pembangkitan Sinyal dengan Parameter pada Database

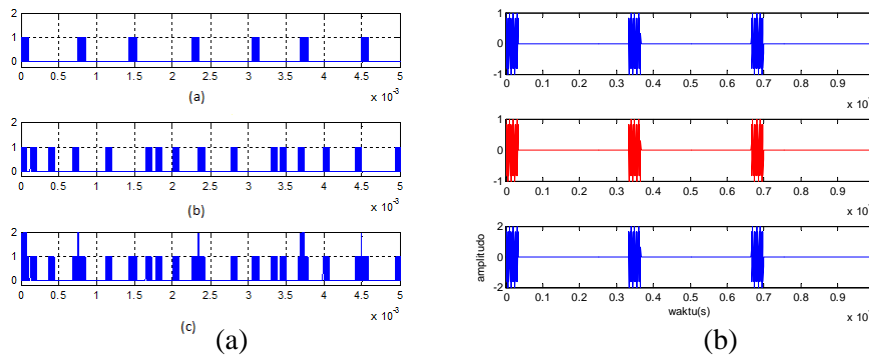
Selanjutnya adalah membangkitkan sinyal radar dengan modulasi PRI yang berbeda-beda. Gambar 10 merupakan simulasi dari beberapa tipe PRI yang berbeda yang terdiri dari PRI Konstan, PRI Jitter, PRI Sliding dan PRI *complex/ stagger*.



Gambar 10. Macam-macam modulasi PRI: (a) *PRI Constant* (b) *PRI Sliding* (c) *PRI Jitter* (d) *PRI Dwell&Switch* (e) *PRI Stagger*

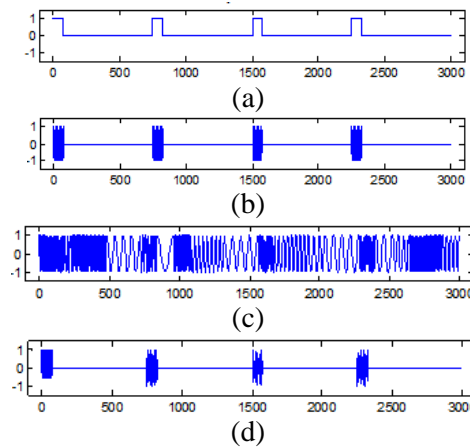
Pada gambar 11 (a) menggambarkan hasil *interleaving* dari dua jenis modulasi PRI yaitu *PRI jitter* dan *PRI sliding*. Hal ini menunjukkan bahwa ada dua radar yang memancarkan sinyal pulsa dengan PRI berbeda. Pada penerima sinyal tersebut akan saling *interleaved* atau berselang-seling sesuai dengan waktu pengiriman pulsa (TOA). Pada bagian PRI yang saling *overlapping* antara PRI satu dengan PRI yang lainnya akan mengalami penjumlahan amplitude sesuai dengan nilai amplitude yang dimiliki masing-masing PRI.

Gambar 11 (b) menggambarkan hasil *interleaving* dari dua PRI yaitu *PRI constant*. Hal ini menunjukkan bahwa ada dua radar yang memancarkan sinyal pulsa dengan PRI berbeda. Pada penerima sinyal tersebut akan saling *interleaved* atau berselang-seling sesuai dengan waktu pengiriman pulsa (TOA). Pada bagian PRI yang saling *overlapping* antara PRI satu dengan PRI yang lainnya akan mengalami penjumlahan amplitude sesuai dengan nilai amplitude yang dimiliki masing-masing PRI



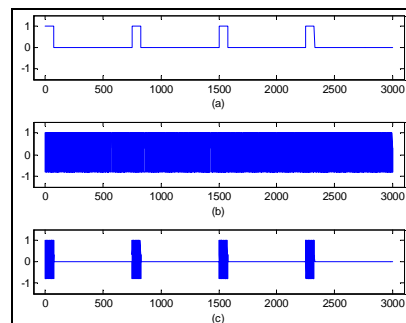
Gambar 11. *Interleaving* antara *PRI jitter* dan *PRI Sliding*: (a) *PRI jitter*, *PRI sliding*, Hasil *Interleaving* dan (b) *Interleaving* antara *PRI konstan*.

Frekuensi *hopping* yang digunakan oleh radar dimaksudkan untuk menggecoh pihak lawan agar sinyal yang dikirimkan susah untuk terdeteksi. Pada gambar 12 sinyal termodulasi BPSK dan terdapat 6 frekuensi yang berbeda digunakan untuk mengirimkan sinyal. *Spread* atau lompatan pada frekuensi *hop* bersifat acak. Pola *hopping* hanya dapat diketahui oleh pengirim dan penerima sehingga pesan yang dikirim tidak dapat terdeteksi.



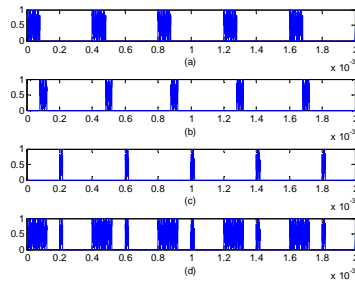
Gambar 12. Frekuensi *Hopping* pada Sinyal Pulsa : (a) Sinyal pulsa (b) Sinyal Modulasi (c) *Spread* sinyal dengan 6 frekuensi (d) Frekuensi *HopSpread Spectrum Signal*

Pada simulasi selanjutnya yaitu pada gambar 13 mensimulasikan jenis-jenis modulasi PRI dengan masing-masing PRI memiliki frekuensi *hopping* dimana terdapat 6 frekuensi yang berbeda digunakan untuk mengirimkan sinyal. *Spread* atau lompatan pada frekuensi *hop* bersifat acak. Pertama yaitu mensimulasikan *rectangular pulse* sesuai dengan jenis modulasi PRI, kemudian simulasi frekuensi *hopping* dengan 6 macam frekuensi yang berbeda. Hasil simulasi *rectangular pulse* dan frekuensi *hopping* dimodulasi.

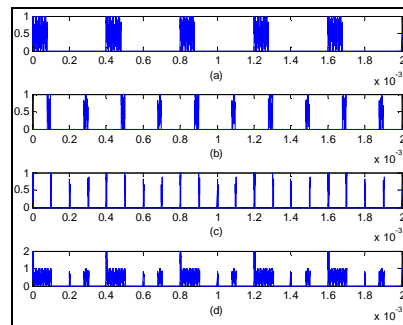


Gambar 13. Frekuensi *Hopping* pada PRI konstan : (a) Pulsa Radar (b) *Spread* sinyal dengan 6 Frekuensi (c) Frekuensi *HopSpread Spectrum Signal*

Simulasi pengiriman pulsa selanjutnya yaitu memancarkan pulsa dari berbagai jenis pulsa dengan parameter berbeda seperti *Pulse Width*, frekuensi dan nilai PRI. Gambar 14 menunjukkan pulsa dengan nilai PW yang berbeda-beda dari masing-masing pulsa. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat 3 radar yang memancarkan sinyal pulsa dimana pada pulsa pertama memiliki nilai PW 80 us, pulsa kedua memiliki nilai PW sebesar 40 us dan pulsa ketiga memiliki nilai PW sebesar 20 us. Pada penerima terjadi *interleaving* antar sinyal pulsa.



Gambar 14. *Interleaving* Pulsa dengan Beda PW (a) PW 80 us, (b) PW 40 us dan (c) hasil *Interleaving*



Gambar 15. *Interleaving* Pulsa dengan Beda PW dan PRI (a) PW 80 us dan PRI 400 us, (b) PW 40 us dan PRI 200 us, (c) PW 20 us dan PRI 100 us dan (d) Hasil *Interleaving*

Gambar 15 menunjukkan tiga pulsa dengan dua nilai parameter yang berbeda yaitu nilai PW dan PRI yang berbeda-beda dari masing-masing pulsa. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat 3 radar yang memancarkan sinyal pulsa dimana pada pulsa pertama memiliki nilai PW 80 us dan PRI 400 us, pulsa kedua memiliki nilai PW sebesar 40 us dan PRI 200us, dan pulsa ketiga memiliki nilai PW sebesar 20 us dan nilai PRI 100us. Pada penerima terjadi *interleaving* antar sinyal pulsa sehingga menyebabkan terjadi *overlapping* pada penerima yaitu ESM.

Hasil Penguraian pada Radar Detector

Inputan untuk setiap metode deteksi PRI

$$\begin{aligned}
 t1 &= [0,1,2,\dots,10] \\
 t2 &= [1,1+\sqrt{2}, 1+2\sqrt{2},\dots, 1+10\sqrt{2}] \\
 t3 &= [2,2+\sqrt{5},2+2\sqrt{5}, \dots, 2+10\sqrt{5}] \\
 t &= \text{sort}(t1 \cup t2 \cup t3)
 \end{aligned}$$

dimana $t1 \cup t2$ menyatakan gabungan elemen $t1$ dan $t2$ dan $\text{sort}(\cdot)$ menyatakan pengurutan naik terhadap semua elemen vector sehingga dihasilkan nilai TOA sesuai dengan waktu yang dipancarkan.

Tabel 1 memberikan indeks dari TOA (*Time of Arrival*) dan nilainya. Dari tabel dapat perbedaan nilai setelah terjadi *interleaving*. *Interleaving* terjadi karena adanya perbedaan waktu pemancaran sinyal dan nilai PRI pada masing-masing radar. Pada tabel ditunjukkan terdapat 3 radar dengan PRI konstan. Radar pertama memiliki nilai PRI 1us dan waktu pemancaran pada 0 μs . Pada radar kedua memiliki nilai PRI $\sqrt{2}\mu\text{s}$ dengan waktu pemancaran pada detik ke-1 μs , hal ini menunjukkan bahwa ketika radar pertama memancarkan pulsa kedua tetapi pada radar kedua baru memancarkan pulsa pertama. Pada radar ketiga memiliki nilai PRI $\sqrt{5}\mu\text{s}$ dengan waktu pemancaran pada detik ke 2 μs .

Deteksi PRI merupakan hal yang paling utama untuk melakukan *deinterleaving* pada berbagai inputan sinyal radar karena PRI merupakan parameter yang mendasar untuk mengelompokkan kembali sinyal radar. Deteksi PRI pada deretan sinyal yang diterima oleh radar detektor dilakukan dengan menggunakan analisa TOA sehingga diperoleh nilai PRI untuk masing-masing radar.

Sample TOA sinyal dari sumber yang berbeda kemudian disorting sesuai dengan TOA dari masing-masing sumber (Radar). *Sequence search* berfungsi untuk mengidentifikasi PRI dari radar dengan berusaha mengurutkan/*construct* deretan pulsa berdasarkan kelompok nilai PRI yang sesuai (mencari kelompok pulsa yang periodik). *Sequence search* dilakukan setelah nilai PRI yang mungkin sudah diidentifikasi sehingga *sequence search* perlu dikombinasikan dengan metode deteksi PRI yang lain agar hasilnya lebih optimal. Proses pencarian akan terus dilakukan hingga terdapat pulsa input yang cukup untuk membentuk PRI *sequence*. Penggunaan *Sequence search* akan menghasilkan deteksi yang lebih akurat tetapi memerlukan waktu yang lebih lama.

```
❖ Terdapat 3 radar dimana masing
PRI Radar 1 = 1
• PRI Radar 2 = 1.4
• PRI Radar 3 = 2.23
```

Sequence search ketika PRI yg dipilih bernilai 1

```
t1=1:3;
t4=7:18;
t5=22.5:37.5
Missing_pulse_max=3;
```

```
sequence =
Columns 1 through 6
1.0000000000000000 2.0000000000000000 3.0000000000000000 7.0000000000000000 8.0000000000000000 9.0000000000000000
20.324611797498108 24.5000000000000000 25.5000000000000000 26.5000000000000000 27.5000000000000000 28.5000000000000000
Columns 7 through 12
10.0000000000000000 11.0000000000000000 12.0000000000000000 13.0000000000000000 14.0000000000000000 15.0000000000000000
29.5000000000000000 30.5000000000000000 31.5000000000000000 32.5000000000000000 33.5000000000000000 34.5000000000000000
Columns 13 through 15
16.0000000000000000 17.0000000000000000 18.0000000000000000
35.5000000000000000 36.5000000000000000 37.5000000000000000
```

Tabel 1. Nilai TOA Sebelum dan Sesudah *Interleaving*

No.TOA	Sebelum Interleaving	Setelah Interleaving
	Nilai TOA	Nilai TOA
1	0	0
2	1	1
3	2	1
4	3	2
5	4	2
6	5	2.414
7	6	3
8	7	3.828
9	8	4
10	9	4.236
11	10	5
12	1	5.242
13	2.414	6
14	3.828	6.472
15	5.242	6.656
16	6.656	7
17	8.071	8
18	9.485	8.071
19	10.899	8.708
20	12.313	9
21	13.727	9.483
22	15.142	10
23	2	10.899
24	4.236	10.944
25	6.472	12.313
26	8.708	13.18
27	10.944	13.727
28	13.18	15.142
29	15.416	15.416
30	17.652	17.652
31	19.888	19.888
32	22.124	22.124
33	24.36	24.36

4. KESIMPULAN

Kinerja simulator radar dapat mensimulasikan berbagai parameter yang berbeda dari masing-masing radar, dimana parameter yang digunakan adalah *Time of Arrival (TOA)*, Frekuensi yaitu frekuensi yang reguler dan frekuensi *hopping*, *Pulse Width (PW)* dan *Pulse Repetition Interval (PRI)*.

Metode *Sequence Search* sudah mampu untuk menentukan nilai aktual PRI dan jumlah pulsa yang dipancarkan dimana pada penelitian bangkitkan tiga radar yang memiliki nilai PRI pada masing-masing radar adalah 1 μ s, 1.4 μ s dan 2.23 μ s. *Sequence search* dilakukan setelah nilai PRI yang mungkin sudah diidentifikasi sehingga *sequence search* perlu dikombinasikan dengan metode deteksi PRI yang lain agar hasilnya lebih optimal dan akurat.

5. SARAN

Adapun saran pada penelitian selanjutnya yang perlu diperhatikan yaitu:

- Pada parameter radar yang digunakan untuk melakukan simulasi pembangkitan sinyal radar dapat menambah jumlah parameter yang digunakan yaitu *Pulse Amplitudo (PA)* yang dipengaruhi oleh periode putaran antenna radar dan pattern antenna.
- Dapat menggunakan metode analisa deteksi radar yang lain yang dapat mendeteksi parameter lain dari sinyal radar seperti pendeteksian *Pulse Amplitudo* dari pulsa radar dan metode yang mampu mendeteksi nilai PRI dengan modulasi yang berbeda (tidak hanya pulsa dengan nilai PRI yang periodik)

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada instansi-instansi terkait yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini khususnya PT. Solusi 247 sebagai penyedia data radar secara real kepada penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Skolnik, M., 2011, *Introduction to Radar System*, International Edition, Mc Graw Hill.
- [2] Wiley, R.G., 2000, *ELINT The Interception and Analysis of Radar Signal*, Artech House, London.
- [3] Mahafza, B.R., 2000, *Radar System Analysis and Design Using Matlab*, Chapman & Hall/CRC
- [4] Alaydrus, M., 2011, *Antena Prinsip & Aplikasi*, ANDI, Yogyakarta.
- [5] Chan, Y.T., 2002, *Performance Evaluation of ESM Deinterleaving Using TOA Analysis*, IEEE International Conference.
- [6] Wolf, C., 1997, *Radar Obrona Talking C*, <http://www.radartutorial.eu/19.kartei/11.ancient/karte042.en.html>, Diakses Tanggal 22 Januari 2015.