

ANALISIS DAN SIMULASI SISTEM RADAR UNTUK APLIKASI MONITORING LALU LINTAS UDARA MENGGUNAKAN METODE DOPPLER

Upik Hardiyanti¹, Heroe Wijanto², Gelar Budiman³

¹Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

Pengamatan yang dilakukan oleh Komisi Penelitian Penyebab Kecelakaan Pesawat Udara (AAIC/Aircraft Accident Investigation Commission) pada sepuluh tahun terakhir menyatakan bahwa jumlah kecelakaan pesawat terbang di Indonesia adalah lima kali lebih banyak daripada kecelakaan di Amerika[6]. Melihat banyaknya kecelakaan pesawat yang terjadi di negara ini membuat pertanyaan tentang kinerja sistem Air Traffic Control (ATC) di Indonesia.

Pada Tugas Akhir ini akan menganalisis prinsip kerja sistem radar dan mensimulasikannya untuk aplikasi sistem monitoring lalu lintas udara dengan menggunakan metode Doppler. Dimana dalam simulasi ini pesawat terbang merupakan objek benda yang bergerak dengan kecepatan tertentu, kemudian ketika sinyal radar mengenai objek, sinyal ini memantul kembali ke sistem radar tersebut. Sistem radar kemudian mengolah sinyal informasi pantulan tersebut untuk mendapatkan posisi, jarak, kecepatan, dan jenis objek benda tersebut. Pendeteksian didapatkan dengan membandingkan amplitudo sinyal dengan amplitudo batas ambang sistem radar (threshold). Kemudian jika sinyal tersebut telah masuk ke sistem radar, maka jarak, posisi, dan sudut, didapatkan dengan menganalisis delay atau waktu tunda selama sinyal ditransmisikan sampai sinyal tersebut kembali ke sistem radar, dengan memperhatikan parameter amplitudo, threshold, CFAR, kecepatan radial antena, PRI, PW, frekuensi sampling, stagger, digitizer noise, dan RCS. Setelah waktu dan posisi tersebut diketahui maka metode Doppler dapat dengan mudah digunakan untuk menentukan kecepatan dan arah benda tersebut bergerak.

Dari hasil simulasi, pendeteksian terbaik untuk sistem radar adalah dengan menggunakan mode threshold CFAR, dimana threshold ini bersifat relatif, dapat berubah nilainya sesuai objek yang sedang dideteksi. Sedangkan untuk ranging atau pengukuran jarak, timing control berupa PW, PRI, stagger, dan frekuensi sampling harus diset sesuai dengan rumus yang ada, sebagai contoh dalam simulasi ini, agar dapat mendeteksi sistem yang optimal, PRI di set 0.8 msec, PW maksimal 3% dari PRI, dan stagger diperlukan jika nilai PRI kurang dari 0.8 msec, dan frekuensi sampling sebesar 50 KHz. Sehingga dengan mendapatkan variabel timing control yang sesuai, maka sistem radar juga akan semakin akurat pendeteksiannya dan dapat dengan baik membuat mapping untuk monitoring lalu lintas udara.

Kata Kunci : Radar, Air Traffic Control, Doppler.

Telkom
University

Abstract

Based on the observation of the Aircraft Accident Investigation Commission for last ten years, the number of aviation accidents in Indonesia is five times more than the accidents in the U.S [6]. Seeing the number of aircraft accidents that occurred in this country makes questions about the system of the Air Traffic Control (ATC).

In this Final Task, it will determine the working principles of radar systems and simulate it for the application of air traffic monitoring system using the Doppler method. Where in the simulation plane is the object of a moving object with a certain speed, then when the radar signal on the object, it bounces the signal back to the radar system. Then radar systems process the information signal reflections to get the position, distance, speed, and the type of object. Detection is obtained by comparing the amplitude of the signal with an amplitude threshold of radar. Then, if that signal has entered into a radar system, the distance, position and angle, can be measured by analyzing the time delay during signal transmitted through the signal back to the radar system, taking into account parameters of the radial velocity, PRI, PW, Stagger, sampling frequency, and digitizer noise. After the time and positions are known, the Doppler method can easily be used to determine speed and direction of different moves.

From the simulation results, the best detection system in radar system is to use the CFAR threshold mode, where the threshold is relative, it can be changed according to the object being detected. As for ranging or distance measuring, timing control of PW, PRI, stagger, and sampling frequency should be set up in accordance with the existing formula, as an example in this simulation, in order to detect the optimal system, the PRI is set 0.8 msec, PW is set in maximum 3% of PRI, and stagger required if the value of PRI is less than 0.8, and sampling frequency of 50 KHz. So by getting the appropriate variable timing control, the radar system will also be more accurate for detection.

Keywords : Radar, Air traffic Control, Doppler.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kecelakaan adalah peristiwa dari ALLAH SWT yang tidak dikehendaki oleh orang yang mengalaminya. Kecelakaan bisa terjadi karena kesalahan manusia (*human error*) seperti menejemen sumber daya yang buruk, atau bisa juga karena kesalahan alat. Dalam dunia penerbangan, khususnya di Indonesia, kecelakaan kerap terjadi lebih karena kesalahan alat. Berikut merupakan beberapa data yang di ambil dari Komisi Nasional Kecelakaan Transportasi (KNKT) tentang kecelakaan pesawat yang di terjadi di Indonesia^[7].

Tabel 1.1 Data Kecelakaan Pesawat 10 Tahun Terakhir

No	Nama Maskapai	Tanggal Peristiwa	Penyebab
1	Adam Air	1 Januari 2007	Kerusakan pada alat bantu navigasi <i>Inertial Reference System (IRS)</i>
2	Twin Otter milik	5 Mei 2006	Menabrak dinding gunung di Papua
3	Trigana Air Service	25 Mei 2002	Jatuh di pegunungan Papua
4	Garuda Indonesia	16 Januari 2002	Cuaca buruk dan kerusakan mesin
5	Garuda Indonesia	26 September 1997	Menabrak tebing gunung di Deli, Sumut
6	Merpati Nusantara	9 Agustus 1995	Menabrak gunung Kumawa, Irian Jaya

Data di atas juga diperkuat oleh pernyataan Komisi Penelitian Penyebab Kecelakaan Pesawat Udara (AAIC / *Aircraft Accident Investigation Commission*) bahwa pada sepuluh tahun terakhir, jumlah kecelakaan pesawat terbang di Indonesia adalah lima kali lebih banyak daripada kecelakaan di Amerika. Keadaan ini membuat pertanyaan tentang bagaimana kinerja sistem monitoring lalu lintas udara.

Monitoring lalu lintas udara atau yang sering disebut *Air Traffic Control* adalah penyedia layanan yang mengatur lalu lintas di udara pada pesawat terbang. Tugas monitoring lalu lintas udara yang tercantum di dalam Annex 2 (*Rules of the Air*) dan Annex 11 (*Air Traffic Services*) konvensi Chicago 1944 adalah mencegah tabrakan antar pesawat, mencegah tabrakan pesawat dengan halangan, mengatur arus lalu lintas udara yang aman, cepat, dan teratur kepada pesawat terbang baik yang berada di *ground* atau yang sedang terbang dan melintas dengan menggunakan jalur yang telah ditentukan. Atas dasar tugas ATC tersebut, maka radar merupakan sistem yang dibutuhkan untuk memaksimalkan kinerja ATC.

Dalam bidang penerbangan, radar menghasilkan kendali dalam pengaturan lalu lintas udara, yaitu mengatur lalu lintas serta kelancaran jalan udara bagi setiap pesawat

terbang yang akan lepas landas (*take off*), terbang di udara, maupun yang akan mendarat (*landing*).

Radar (*Radio Detection and Ranging*) adalah metode yang menggunakan gelombang elektromagnetik untuk mendeteksi posisi, kecepatan, dan mengidentifikasi karakteristik dari target. Radar mendeteksi target dengan menembakkan gelombang sinyal pendek ke target, sinyal-sinyal pendek tersebut disebut pulsa radar. Gelombang tersebut dipantulkan kembali oleh target diruang bebas dan sebagian energi gelombang asli akan dipantulkan kembali menuju antena radar. Sinyal yang dipantulkan dapat diproses dan dianalisa lebih lanjut untuk menentukan karakteristik dari target, seperti lokasi target (jarak target dengan radar) dan juga kecepatan target, yang semuanya dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan radar secara matematis.

Sistem radar memiliki tiga komponen utama yang tersusun yaitu antena, *transmitter* dan *receiver*. Sistem radar juga terdiri dari beberapa komponen pendukung lainnya yaitu *duplexer*, dan *software*. Sehingga dengan kinerja dari masing-masing sistem radar ini dapat diaplikasikan untuk monitoring lalu lintas udara yang bekerja menggunakan gelombang *radio frequency* pada frekuensi S-band. Dengan menggunakan metode Doppler, radar dapat menentukan kecepatan, lokasi, dan jarak dikarenakan pergerakan suatu objek.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah mensimulasikan sistem radar menggunakan Matlab2009a. Metode yang dilakukan adalah dengan membuat dan menentukan sinyal yang tepat untuk dipancarkan ke ruang bebas, kemudian menganalisa efek lingkungan sekitar yang timbul akibat gelombang yang dipancarkan tersebut terutama gelombang pantul dari obyek. Gelombang pantul yang telah diterima mempunyai nilai yang berbeda tergantung dari jarak target dengan radar dan kecepatannya. Kemudian gelombang pantul digunakan untuk menentukan lokasi dan jarak obyek, juga untuk mendapatkan besar kecepatan obyek.

1.2 Tujuan

1. Dapat mengetahui bagaimana prinsip dasar radar.
2. Dapat merancang simulasi sistem radar untuk aplikasi monitoring lalu lintas udara dengan memahami metoda pemrosesan sinyal pada radar.
3. Dapat menganalisis parameter-parameter radar berupa kecepatan radial antena, amplitudo, *threshold*, CFAR, PRI, PW, *sampling rate*, *noise*, dan RCS pada pemrosesan sinyal sistem radar.

1.3 Rumusan Masalah

1. Bagaimana kinerja sistem deteksi pada radar?.
2. Bagaimana kinerja sistem *ranging* pada radar?
3. Bagaimana kinerja masing-masing sub sistem *ranging* radar yaitu jarak, sudut, kecepatan, dan jenis target pada radar?

1.4 Batasan Masalah

Beberapa hal yang dibatasi pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Simulasi yang digunakan menggunakan Matlab R2009a.
2. Jenis radar yang digunakan untuk aplikasi merupakan jenis radar pasif satu arah yaitu radar PSR (*Primary Surveillance Radar*) yang bekerja terbatas hanya untuk monitoring, bukan untuk *controlling* seperti radar SSR.
3. Sinyal yang diolah pada simulasi adalah sinyal pada *receiver*.
4. Pada simulasi ini hanya dibatasi oleh dua deteksi objek, yaitu pesawat dan bukan pesawat (*noise*, bisa berupa *clutter* / gunung).

1.5 Metodologi Penelitian

1. Studi Literatur

Pencarian referensi dari beberapa literatur buku, jurnal, *paper* maupun internet yang bisa menjadi bahan pembelajaran bagi penyelesaian Tugas Akhir.

2. Diskusi dengan dosen pembimbing, kunjungan langsung ke *Air Traffic Control* bandara Husein Sastranegara dan diskusi dengan beberapa narasumber.

3. Mengadakan bimbingan dengan dosen pembimbing I dan pembimbing II, serta diskusi dengan beberapa narasumber yang merupakan praktisi ATC di bandara juga mahasiswa-mahasiswa ITB yang mempelajari secara spesifik tentang radar dan ATC sehingga dapat membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir.

4. Simulasi dan Analisis

Pertama-tama sistem radar ini dipelajari spesifikasi sistemnya berdasarkan teori yang didapat dari studi literatur dan data yang ada. Lalu simulasi akan dilakukan dengan menggunakan parameter-parameter sistem yang ada dan dengan persamaan matematis. Simulasi ini dibuat untuk memverifikasi data. Setelah disimulasi kemudian di analisis untuk menguji tingkat keberhasilan dari teknik-teknik yang dilakukan, dan akhirnya dapat diambil kesimpulan berdasarkan analisis tersebut.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, tujuan, rumusan masalah, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II DASAR TEORI

Bab ini membahas mengenai teori, konsep dasar, dan prinsip kerja, dan performansi dari sistem radar, dan juga teori tentang Efek Doppler yang digunakan untuk mendukung sistem monitoring lalu lintas udara.

BAB III PERANCANGAN SIMULASI

Pada bab ini dibahas tentang desain dan implementasi sistem radar dengan menggunakan metode Doppler.

BAB IV ANALISIS SIMULASI SISTEM

Bab ini berisi tentang simulasi sistem radar dengan Matlab 2009a dan menganalisa hasil simulasi.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan akhir dan analisa yang diperoleh serta saran dan harapan untuk pengembangan selanjutnya.

Telkom
University

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari simulasi yang dilakukan menggunakan Matlab 2009a maka dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu :

1. Radar adalah sebuah sistem dimana prinsip kerjanya adalah dengan mengandalkan gelombang elektromagnetik untuk mendeteksi posisi, kecepatan, dan mengidentifikasi karakteristik dari target. Radar mendeteksi target dengan menganalisis sinyal pantulan yang kembali ke sistem oleh suatu target yang semuanya dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan radar secara matematis.
2. Metode pemrosesan sinyal agar dapat membuat *mapping* lalu lintas udara pada sistem radar yang paling dominan adalah *timing control*, dimana variabel yang dapat di analisis adalah PRI, PW, dan frekuensi *sampling*.
3. Semakin besar amplitudo, maka kemungkinan target terdeteksi semakin besar, dengan *threshold* yang handal adalah *threshold* yang menggunakan mode CFAR. *Threshold* CFAR adalah *threshold* yang bersifat relatif, dalam simulasi sistem radar ini didapat nilai *threshold* maksimal adalah *threshold* CFAR bernilai 2, dengan amplitudo minimum 10 Volt.
4. Semakin besar *threshold* absolut maka semakin sulit sistem radar mendeteksi kehadiran objek, yang berarti tingkat akurasi sistem juga tinggi. Semakin kecil *threshold*, akan banyak objek yang mudah terdeteksi tetapi kemungkinan *noise* terdeteksi juga bisa muncul.
5. Selain amplitudo dan *threshold*, RCS dan jarak objek juga mempengaruhi akurasi sistem deteksi radar. Semakin kecil amplitudo, jangkauan jarak maksimum yang dapat dideteksi radar juga semakin kecil, dan benda yang mempunyai RCS yang kecil juga sulit terdeteksi.
6. Untuk PRI, semakin kecil nilai PRI (kurang dari 0.8 ms), maka jarak maksimum radiasi pancaran radar juga semakin pendek, tetapi tidak merubah sistem deteksi radar. Hal ini dapat ditanggulangi dengan menggunakan *stagger*.
7. Untuk PW, semakin besar PW (lebih besar dari 3% dari PRI), maka semakin tidak akurat pendeteksian, meskipun *threshold* CFAR *mode on*, karena semakin lebar pulsa dalam satu jangkauan waktu pengulangan sistem (PRI), maka semakin banyak pula

Analisis dan Simulasi Sistem Radar untuk Aplikasi Monitoring Lalu Lintas Udara Menggunakan Metode Doppler

sinyal yang masuk, sehingga sistem semakin sulit membedakan antara sinyal dari objek atau sinyal interferensi.

8. Untuk frekuensi *sampling*, semakin besar dari 50 KHz, maka sistem tersebut akan memiliki resolusi yang sangat tinggi, dimana satu objek pada *display* radar dapat menghasilkan beberapa titik disekitar objek tersebut (sinyal lain atau bekas gerakan target juga ikut terdeteksi), sehingga untuk sistem yang mempunyai PRI 0.8 ms ekuivalen dengan frekuensi *sampling* sebesar 50 KHz.
9. Nilai RCS dari simulasi adalah untuk membandingkan target tersebut antara pesawat dengan *clutter* (gunung). Semakin besar RCS pesawat maka target tersebut dapat dengan mudah di deteksi sistem radar, karea nilai RCS sebanding dengan daya objek. Semakin besar RCS maka semakin besar juga daya pancaran objek.

5.2 Saran

Saran yang dapat diajukan untuk penelitian lebih lanjut adalah:

1. Ketelitian dalam perancangan simulasi sinyal sangat diutamakan untuk memperoleh hasil yang sinkron dalam setiap parameternya.
2. Penelitian dapat dilanjutkan dengan mensimulasikan sistem radar untuk aplikasi lain seperti radar militer, dsb.
3. Penelitian lebih mengkhususkan radar SSR sehingga dapat mengetahui proses pertukaran informasi CODE dan MODE antara bandara dan pesawat.
4. Penelitian menambahkan manajemen *homing* ATC seperti sistem terbang dan pendaratan.

Telkom
University

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cox, AJ. & JJ Peavy., 1998, *Quantitative measurements of the accoustic Doppler effect using a walking speeds source*, Am. J. Phys. 66, 1123-11125.
- [2] Curry, G.R. (2005). *Radar System Performance Modelling*. Massachuset: Artech House, Inc.
- [3] Edde, Byron.1982. *Radar: Principles, Technology Applications*, Prentice Hall.
- [4] J.D. Kraus, R.J. Marhefka, *Antennas: For All Aplications*, Tata McGraw-Hill Publishing Company Ltd, New Delhi, 2002.
- [5] Kiswandari, Asri. 2010. “*Analisis dan Simulasi Traffic Monitoring Menggunakan Radar Maritim*”. D
- [6] Lenovid, Julian. 2007. *Terbang itu Mahal, Bung.*
<http://www.suarapembaruan.com/News/2007/04/24/Editor/edit03.htm>.
- [7] <http://aviation-safety.net/database/>. (diakses pada Juni 2011)