



JURNAL ELEKTROKRISNA

UNIVERSITAS KRISNADWIPAYANA

Vol. 5 No. 3 Juni 2017

ISSN : 2302-4712

Rancang Bangun Alat Injeksi Kaitannya terhadap Penurunan Kapasitas Transformator, Oleh : Abdul Kodir Al Bahar

Modifikasi Pengkabelan Pada Kontrol Kipas Pendingin Udara Pada PLTU Banten 3 Lontar, Oleh : Ahmad Rofi'i

**Analisa Sistem Pentanahan Pada Gedung Dirjen Pajak
Oleh : Lukman Aditya**

Analisa Pengoprasian Secondary Surveillance Radar (SSR) Di Bandara Soekarno-Hatta, Oleh : Selamat Purwo Santoso

**Analisa Kinerja Jaringan LAN Menggunakan Metode Quality of Service Oleh :
Sri Hartanto**

Analisa Pengukuran Kecepatan Putaran Motor Induksi 3 Phasa Berdasarkan Frekwensi, Oleh : Teten Dian Hakim

Perencanaan dan Analisa Sistem Pentanahan Pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas 100 MW di Gorontalo, Oleh : Ujang Wiharja

Analisa Pentanahan Elektroda Batang Pada stop Kontak Untuk Menekan Biaya Listrik, Oleh : Nurhabibah Naibaho

Rancang Bangun Rangkaian Pengendali Lampu Jarak Jauh Menggunakan Bluetooth, Oleh : Vita Nurdinawati

Penerbit

Universitas Krisnadwipayana

(Dikelola Oleh Fakultas Teknik Prodi Teknik Elektro)

SUSUNAN DEWAN REDAKSI

Penanggung Jawab

Ir. Ayub Muktiono, MSiP

(Dekan Fakultas Teknik Universitas Krisnadwipayana)

Penasehat

Dr. Ir. Samuel Th Salean. MSi

(P2M FT. Universitas Krisnadwipayana)

Pemimpin Redaksi

Dr. Zefri, MSi

Tim Redaksi

Ir. Teten Dian Hakim, MT

Slamet Purwo Santosa, ST. MT

Ir. Nurmiati Pasra, MT (Dosen STT-PLN)

Penyunting Ahli

Sri Hartanto, ST. MT

Dr. Ir. Sutjipto.Suwono, Dipl.GE (Dosen STT-PLN)

Ir. Achmad Rofi,i. MT (Dosen Univ.17 Agustus Jkt)

Kesekretariatan

Dwi Octaviana, S.Sos, MSi

ALAMAT PENERBIT

Universitas Krisnadwipayana

Jl. Kampus UNKRIS Jatiwaringin, Jakarta 13077

Gedung G (Fakultas Teknik) Lantai 2 Ruang Seketariat Jurusan Teknik Elektro

Telepon :.021-84998529

E-Mail : elektrounkrisna@yahoo.com

DAFTAR ISI

Sampul Depan..... i

Susunan Dewan Redaksi.....ii

Alamat Penerbit.....ii

Pengantar Redaksi.....iii

Ketentuan Penulisan.....iv

Daftar Isi.....v

I. Rancang Bangun Alat Injeksi Kaitannya terhadap Penurunan Kapasitas Transformator, Oleh : Abdul Kodir Al Bahar74-83

II. Modifikasi Pengkabelan Pada Kontrol Kipas Pendingin Udara Pada PLTU Banten 3 Lontar, Oleh : Ahmad Rofi'i84-91

III. Analisa Sistem Pentanahan Pada Gedung Dirjen Pajak Oleh : Lukman Aditya 92-99

IV. Analisa Pengoprasian Secondary Surveillance Radar (SSR) Di Bandara Soekarno-Hatta, Oleh : Selamat Purwo Santoso 100-111

V. Maintenance Analisa Kinerja Jaringan LAN Menggunakan Metode Quality of Service (QoS), Oleh : Sri Hartanto 112-121

VI. Analisa Pengukuran Kecepatan Putaran Motor Induksi 3 Phasa Berdasarkan Frekwensi, Oleh : Teten Dian Hakim,122-132

VII. Perencanaan dan Analisa Sistem Pentanahan Pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas 100 MW di Gorontalo, Oleh : Ujang Wiharja133-141

VIII. Analisa Pentanahan Elektroda Batang Pada stop Kontak Untuk Menekan Biaya Listrik, Oleh : Nurhabibah Naibaho142-151

IX. Rancang Bangun Rangkaian Pengendali Lampu Jarak Jauh Menggunakan Bloetooth, Oleh : Vita Nurdinawati152-161

ANALISA PENGOPRASIAN *SECONDARY SURVEILLANCE RADAR (SSR)* DI BANDARA SUKARNO-HATTA

Oleh : Slamet Purwo Santoso¹

slametpurwosantosa@unkris.ac.id

ABSTRAK. Perkembangan sistem pelayanan lalu lintas global sedang mengalami perubahan evolutif sebagai akibat dari pertumbuhan lalu lintas udara yang memicu perkembangan teknologi CNS/ATM (*Communication, Navigation, Surveillance / Air Traffic Management*). Kondisi ini telah mendorong terjadinya perubahan regulasi di dunia penerbangan. Sistem radar surveillance (PSR/SSR) merupakan peralatan yang esensial dan berperan penting dalam sistem pelayanan lalu lintas udara.

Pada penelitian ini, dilakukan analisa mengenai sistem surveillance radar sekunder SSR (*Secondary Surveillance Radar*) sebagai pasangan sistem radar primer PSR (*Primary Surveillance Radar*) dan memberikan gambaran tentang sistem, cara kerja dan penggunaan perangkat radar SSR.

Secondary surveillance radar (SSR) adalah suatu alat yang dapat mendeteksi keberadaan pesawat udara pada fase *take-off*, *en-route* dan *landing*. Stasiun SSR didarat akan berkomunikasi dengan alat yang ada di pesawat dan sebaliknya sehingga komunikasi tersebut terjadi sama-sama aktif. *Secondary surveillance radar (SSR)* adalah alat pelengkap dari *primer surveillance radar (PSR)*. *Secondary surveillance radar (SSR)* adalah radar pengawas yang dilengkapi dengan alat interrogator yang ada di stasiun darat radar dan transponder yang ada di pesawat. Pesawat yang tidak dilengkapi dengan alat transponder, tidak akan dapat memberikan berbagai informasi kepada stasiun darat radar.

ABSTRACT. *The current status of the global Air Traffic Services (ATS) is evolutionary changing because of air traffic growth that generating development on the CNS/ATM (Communication, Navigation, Surveillance / Air Traffic Management) technology. This condition has been pushing to the regulation changing in the aviation world. The surveillance Radar System (PSR/SSR) is essential equipments and have an important role in the ATS system.*

In this Final task, the writer intend to performed analysis on Secondary Surveillance Radar (SSR) system collocated with Primary Surveillance Radar (PSR) system, to describe how the system work, and function of each SSR application.

Secondary Surveillance Radar (SSR) are able to detect the aircraft in phase of take-off, en-route and landing position. At ground SSR station will communicate to the transponder on-board vice versa so that such an actively communication occur. Secondary radar such as SSR is to complement the primary radar (PSR). SSR is equipped with interrogator in the ground and transponder on board. The aircraft that were not equipped with transponders, will not be able to provide various information to the ground radar stations. SSR can produce a variety of information such as speed, altitude, distance, position and the aircraft code.

Index Terms : ATS (Air Traffic Services), PSR (Primary Surveillance Radar), SSR (Secondary Surveillance Radar).

1. PENDAHULUAN

Transportasi penerbangan sedang berkembang pesat saat ini ditandai dengan munculnya berbagai jenis maskapai penerbangan. Hal ini dikarenakan mobilitas individu kian padat dan perlu nyawaktu mobilitas yang semakin cepat sehingga transportasi udara sangat dibutuhkan.

Sistem pelayanan lalu lintas udara untuk melayani transportasi udara mengalami *evolusi* sebagai akibat dari pertumbuhan lalu lintas udara sehingga memicu perkembangan teknologi CNS/ATM (Communication, Navigation, Surveillance / Air Traffic Management). Kondisi ini telah mendorong terjadinya perubahan regulasi di dunia penerbangan. Salah satu sistem pengawasan lalu lintas penerbangan yaitu Radar Primer *Primary Surveillance Radar* (PSR) dan *Secondary Surveillance Radar* (SSR) merupakan peralatan yang esensial dan berperan penting dalam sistem pelayanan lalu lintas udara.

Semakin meningkatnya traffic pelayanan lalu lintas udara yang harus dilayani AirNav Indonesia yang mengelola seluruh ruang udara di Indonesia yang dibagi menjadi 2 (dua) Flight Information Region (FIR) dengan total luas FIR = 2.219.629 Km², luas wilayah = 1.476.049 Km² dan dengan jumlah lalu lintas penerbangan = > 10.000 movement / hari, menuntut penyediaan perangkat *surveillance* yang beroperasi baik guna mendeteksi keberadaan pesawat udara yang akan *take-off*, *landing* bahkan *overflying*.

2. TEORI DASAR RADAR

Radar adalah singkatan dari *Radio Detection and (Radio) Ranging*. Sesuai dengan namanya, secara umum radar berfungsi untuk mendeteksi posisi, kecepatan dan identifikasi suatu objek dalam suatu jangkauan radar baik di darat, laut maupun udara dengan menggunakan gelombang elektromagnetik. Konsep penerapan radar adalah mengukur jarak dari sensor ke target.

Radar dalam dunia penerbangan digunakan sebagai pendeteksi keberadaan

pesawat baik pesawat sipil, militer maupun pesawat musuh. Radar ini juga berfungsi untuk menyimpan data-data yang berhubungan didalam pesawat. Data-data yang dihasilkan ini akan diberikan kepada bagian *Air Traffic Controller* yang bertugas untuk mengatur setiap pesawat agar tidak terjadi insiden tabrakan dan berbagai macam *insident* maupun *accident* lainnya. Radar yang banyak digunakan sebagai pengatur lalu lintas udara dikelompokkan dalam jenis Radar ATC (*Air Traffic Control*). Di Indonesia sendiri peralatan radar sangat minim dan sudah berumur.

Penggunaan radar untuk berbagai keperluan lain diantaranya :

- a. Mendeteksi dan mengatur jalan kapal laut agar tidak terjadi tabrakan.
- b. Navigasi pesawat udara dan kapal laut pada cuaca buruk dan malam hari.
- c. Mendeteksi, mengatur jalur dan mengidentifikasi pesawat terbang dalam pengaturan lalu lintas udara (*Air Traffic Control*).
- d. Mengukur ketinggian diatas permukaan laut untuk pesawat udara dan navigasi peluru kendali atau rudal.
- e. Memberikan peringatan kepada pesawat musuh dan pesawat luar angkasa ketika jarak mereka sejauh seratus atau ribuan mil dari stasiun radar.
- f. Pemetaan daerah daratan dan lautan dari pesawat terbang dan pesawat luar angkasa.
- g. Mendeteksi objek (kendaraan) yang bergerak di daratan seperti tank.
- h. Pengendali senjata, seperti meriam dan rudal.
- i. Mengukur jarak dan kecepatan untuk navigasi pesawat luar angkasa dan docking.
- j. Ketepatan pengukuran jarak dan / atau kecepatan objek di ruang angkasa dalam hal instrumentasi.
- k. Ketepatan pengukuran jarak survei di daratan.
- l. Mengukur dan mendeteksi objek dibawah permukaan bumi.
- n. Mengukur kecepatan kendaraan bermotor untuk keselamatan dan kontrol otomatis.

2.1 Klasifikasi Radar

Berdasarkan bentuk gelombang, radar terbagi dua yaitu :

1. **Continuous Wave / CW** (gelombang berkesinambungan) merupakan radar yang menggunakan transmitter dan antena penerima (receiver antenna) secara terpisah, dimana radar ini terus menerus memancarkan gelombang elektromagnetik. Radar CW yang tidak termodulasi dapat mengukur kecepatan radial target serta posisi sudut target secara akurat. Radar CW yang tidak termodulasi biasanya digunakan untuk mengetahui kecepatan target dan menjadi pemandu rudal (missile guidance).
2. **Pulsed Radars/PR** (Radar Berdenyut), merupakan radar yang gelombang elektromagnetiknya diputus secara berirama. Frekuensi denyut radar (Pulse Repetition Frequency / PRF) dapat diklasifikasi menjadi 3 bagian, yaitu PRF High, PRF Medium dan PRF Low.

2.2. Jenis radar

1. Doppler Radar

Doppler radar merupakan jenis radar yang mengukur kecepatan radial dari sebuah objek yang masuk ke dalam daerah tangkapan radar dengan menggunakan efek Doppler. Hal ini dilakukan dengan memancarkan sinyal microwave (gelombang mikro) ke objek lalu menangkap refleksinya, dan kemudian dianalisis perubahannya. Doppler radar merupakan jenis radar yang sangat akurat dalam mengukur kecepatan radial. Contoh Doppler radar adalah Weather Radar yang digunakan untuk mendeteksi cuaca.

2. Bistatic Radar

Bistatic Radar merupakan suatu jenis sistem radar yang komponennya terdiri dari pemancar sinyal (transmitter) dan penerima sinyal (receiver), dimana kedua komponen tersebut terpisah. Kedua komponen itu dipisahkan oleh suatu jarak yang dapat dibandingkan dengan jarak target/objek. Objek dapat dideteksi berdasarkan sinyal yang dipantulkan oleh objek tersebut ke pusat antena. Contoh Bistatic Radar adalah Passive Radar. Passive Radar adalah sistem radar yang mendeteksi dan melacak objek

dengan proses refleksi dari sumber non-kooperatif pencahayaan dilingkungan, seperti penyiaran komersial dan sinyal komunikasi.

2.3 Komponen - Komponen Radar

Ada tiga komponen utama yang tersusun di dalam sistem radar, yaitu antena, *transmitter* (pemancar sinyal) dan *receiver* (penerima sinyal).

1. Antena

Antena terletak pada radar merupakan suatu antena reflektor berbentuk piring parabola yang menyebarkan energi elektromagnetik dari titik fokusnya dan dipantulkan melalui permukaan yang berbentuk parabola. Antena radar memiliki dua kutub. Input sinyal yang masuk dijabarkan dalam bentuk *phased array* (bertingkat atau bertahap). Ini merupakan sebaran unsur-unsur objek yang tertangkap antena dan kemudian diteruskan ke pusat sistem radar.

2. Pemancar sinyal (*transmitter*)

Pada sistem radar, pemancar sinyal (*transmitter*) berfungsi untuk memancarkan gelombang elektromagnetik melalui reflektor antena. Hal ini dilakukan agar sinyal objek yang berada di daerah tangkapan radar dapat dikenali. Pada umumnya, transmitter memiliki *bandwidth* dengan kapasitas yang besar. Transmitter juga memiliki tenaga cukup kuat, efisien, bisa dipercaya, ukurannya tidak terlalu besar dan tidak terlalu berat, serta mudah dalam hal perawatannya.

3. Penerima sinyal (*receiver*)

Pada sistem radar, penerima sinyal (*receiver*) berfungsi sebagai penerima kembali pantulan gelombang elektromagnetik dari sinyal objek yang tertangkap radar melalui reflektor antena. Pada umumnya, receiver memiliki kemampuan untuk menyaring sinyal yang diterimanya agar sesuai dengan pendeteksian yang diinginkan, dapat memperkuat sinyal objek yang lemah dan meneruskan sinyal objek tersebut ke pemroses data dan sinyal (*signal and data processor*) dan kemudian menampilkan gambarnya di layar monitor (*display*).

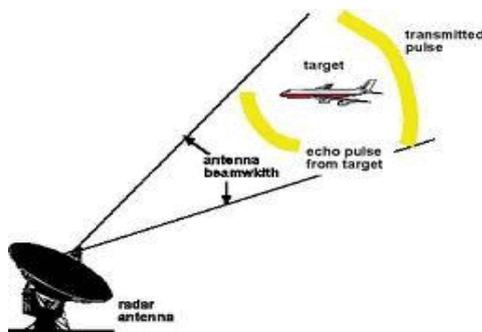
Selain tiga komponen diatas sistem radar juga terdiri dari beberapa komponen pendukung lainnya, yaitu :

Wave guide, berfungsi sebagai penghubung antara antena dan transmitter.

Duplexer, berfungsi sebagai tempat pertukaran atau peralihan antara antena dan penerima atau pemancar sinyal ketika antena digunakan dalam kedua situasi tersebut.

Software, merupakan suatu bagian elektronik yang berfungsi mengontrol kerja seluruh perangkat dan antena ketika melakukan tugasnya masing-masing

2.4 Prinsip Kerja Radar

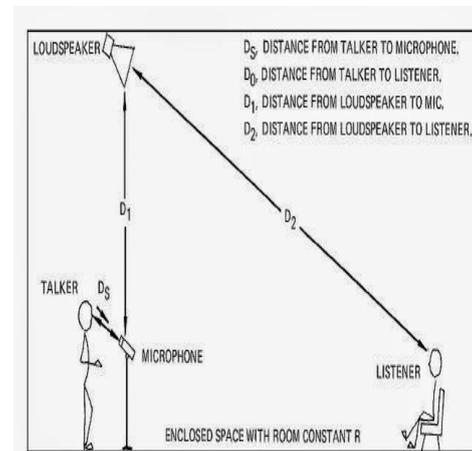


Gambar 1 - prinsip kerja radar

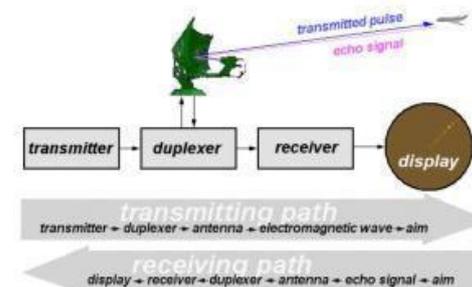
Umumnya, radar beroperasi dengan cara menyebarkan tenaga elektromagnetik terbatas didalam piringan antena. Tujuannya adalah untuk menangkap sinyal dari benda yang melintas di daerah tangkapan antena yang bersudut 20° - 40°. Ketika ada benda yang masuk ke dalam daerah tangkapan antena tersebut, maka sinyal dari benda tersebut akan ditangkap dan diteruskan ke pusat sistem radar untuk meudian diproses sehingga benda tersebut nantinya akan tampak dalam layar monitor/display.

Radar menggunakan prinsip pancaran gelombang radio dalam bentuk "microwave band". Pulsa yang dihasilkan oleh unit pemancar (*transmitter*) dikirim ke antena melalui *switch* pemilih/pancar elektronik (*T/R electronic switch*). Prinsip pulsa radar adalah sama dengan prinsip gaung suara/bunyi. Jika kita berteriak menghadap suatu permukaan yang bersifat memantulkan, maka kita akan mendengar gaung/pantulan suara teriakan kita beberapa saat setelah kita berteriak. Hal tersebut disebabkan oleh kenyataan bahwa bunyi/suara teriakan tersebut merambat

melalui udara pada kecepatan 1.100 kaki per detik menuju ke permukaan yang memantulkan. Setibanya bunyi dipermukaan, bunyi kemudian dipantulkan kembali ke sumber suara/bunyi yang disebut gaung.



Gambar 2 - Prinsip Gaung



Gambar 3 - Diagram Blok Radar Secara Umum

Konsep radar adalah mengukur jarak dari sensor ke target. Ukuran jarak tersebut didapat dengan cara mengukur waktu yang dibutuhkan gelombang elektromagnetik selama penjalarnya mulai dari sensor ke target dan kembali lagi ke sensor. Radar digunakan untuk mendeteksi dan menentukan lokasi suatu target berdasar karakteristik perambatan gelombang elektromagnetik. Hal ini dapat dilaksanakan dengan jaan mendeteksi pantulan dari gelombang elektromagnetik dengan bentuk tertentu, seperti bentuk sinusoidal yang dimodulasi pulsa, setelah gelombang elektromagnetik yang semula dipancarkan tersebut dipantulkan kembali oleh target / objek yang dikenalnya.

2.5. Radar untuk Pengaturan Lalu Lintas Udara (*Air Traffic Services/ATC*).

Sistem pengawasan lalu lintas penerbangan adalah suatu sistem yang terdiri dari sejumlah unsur terpadu yang meliputi sensor, sistem pemrosesan data, hubungan transmisi data dan layar radar. Sistem tersebut memberikan informasi posisi (arah dan jarak) suatu target dan informasi terkait lainnya kepada unit Pelayanan lalu lintas penerbangan (*Air Traffic Services / ATS*) dan pesawat udara. Target yang dimaksud bisa berupa pesawat udara, kendaraan atau benda lainnya sedangkan informasi terkait lainnya tersebut meliputi data identifikasi, ketinggian, kecepatan, status dan maksud (intend) target.

2.5.1. *Primary Surveillance Radar dan Komponennya.*

Sistem PSR terdiri dari tiga blok dasar yaitu pemancaran/transmisi, penerimaan dan penampilan/penyajian/display.

1. Blok Pemancaran/Transmisi

Sinyal blok transmisi mempersiapkan energi dalam bentuk yang sesuai untuk pemancaran dan menyebarkan ke arah yang diinginkan. Komponen blok transmisi adalah sebagai berikut :

a. Unit pemicu (*trigger unit/master time*)

Unit pemicu adalah peralatan yang menghasilkan output yang digunakan untuk tindakan. Elemen ini mengawali dan mengendalikan urutan operasi yang menghasilkan daur/siklus lengkap.

Saat ini sistem yang dapat menyelaraskan sendiri (*self-synchronized*) sudah dianggap usang dan setiap pengaturan waktu dilakukan oleh unit pengatur waktu secara terpisah. Didalam blok transmisi sistem PSR, gelombang yang dihasilkan oleh unit pemicu masih dalam bentuk rangkaian pulsa elektrik yang sangat pendek dengan interval yang teratur. Internal ini menunjukkan operasi lengkap satu siklus yang dimulai dengan pulsa berikutnya. Operasi lainnya seperti memulai indikator sweep, bisa dikendalikan oleh pulsa yang dibentuk di dalam pengatur waktu baik sebelum atau sesudah pulsa mulai dipancarkan.

b. Unit modulator

Unit modulator bertindak sebagai penyimpan energi yang memasukan tegangan DC ke alat pemancar dalam bentuk pulsa tegangan tinggi yang secara efektif menyalakan pemancar selama pengiriman pulsa. Tegangan kemudian dimatikan sehingga pemancar mati, sementara sistem menunggu pantulan pulsa dari target untuk diterima melalui alat penerima.

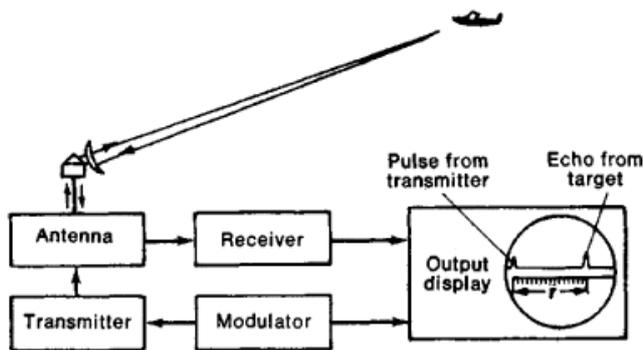
Pulsa yang dipasok oleh unit modulator biasanya berbentuk persegi panjang meskipun secara teknis sudut-sudutnya tidak persegi. Pulsa ini dibentuk dan dialirkan ke pemancar dengan interval yang teratur. Fungsi unit modulator adalah membentuk pulsa dengan amplitude yang benar dan dengan waktu yang benar pula serta meneruskannya ke pemancar.

c. Unit Pemancar

Fungsi unit pemancar (Tx) adalah menghasilkan energi RF (*radio frequency*) yang dipasok ke antena untuk dipancarkan ke udara. Plate Voltage biasanya diteruskan ke tabung sinar katoda dalam bentuk pulsa negatif yang berjumlah ribuan amplitudo volt, dan lama waktu yang bervariasi pada sistem radar yang berbeda mulai dari satu mikrodetik sampai beberapa mikrodetik. Tabung pemancar biasanya suatu megatron (tabung vakum dimana arus elektron dikendalikan oleh gaya magnet untuk menghasilkan gelombang radio dengan frekuensi pendek) atau klystron (tabung elektronika yang menggunakan isolasi arus listrik untuk menghasilkan dan memperkuat frekuensi ultra tinggi seperti sinyal TV). Unit pemancar hanya mengirimkan suatu interogasi, kemudian menjaid pasif dan menunggu pantulan yang diukur secara akurat skala dan basis waktunya.

2. Blok penerimaan (*Reception Block*)

Sinyal blok penerimaan mendeteksi energi yang dipantulkan oleh target yang berada di dalam jangkauan operasional sistem radar. energi elektromagnetik yang dipantulkan biasanya sangat lemah ketika mencapai antena, oleh karena itu menyebabkan hanya sinyal lemah yang ada di antena. Sebelum bisa ditampilkan, sinyal yang lemah harus diperkuat dan diperlakukan sebagaimana mestinya.



Gambar 4 - blok penerimaan

3. Unit Antena (*Aerial Unit*)

Energi elektromagnetik dari pemancar disebarkan melalui antena dengan interval yang teratur. Antena penerima harus sensitif pada energi elektromagnetik di dalam sudut yang sangat sempit sehingga pantulan dari target diperkuat oleh energi pemancar sehingga bisa dideteksi. Unit penerima sangat sensitif, oleh karena itu, harus dilindungi setiap kali pulsa energi tinggi dipancarkan. Hal ini diperoleh dengan mengisolasi unit penerima selama pemancaran energi menggunakan sebuah sakelar mengirim-menerima (*transmit-receive* (T/R) switch) atau T/R box.

Antena terdiri dari satu atau lebih kutub (*pole*) yang diatur sedemikian rupa sehingga dapat memusatkan seluruh energi ke satu arah, atau terompet pemandu gelombang (*waveguide horn*) dengan reflektor parabola yang digunakan untuk memusatkan energi pada sudut sempit sehingga dapat meningkatkan kekuatan pada satu arah.

Antena berputar searah jarum jam oleh motor. Perputaran ini memungkinkan antena untuk memindai (*scan*) ruang udara yang berada di jangkauan vertikal dan horizontalnya. Karena antena memindai secara kontinu di sekitar lokasi antena, maka sistem tersebut dinamai dengan radar pengawasan (*surveillance radar*).

Informasi posisi target mengacu kepada arah utara (biasanya utara magnetik), dilengkapi dengan sistem servo yang meneruskan informasi indikator radar sedemikian rupa sehingga target dapat ditampilkan di layar radar yang arahnya mengacu kepada utara magnetik.

4. T/R switch atau T/R box (duplexer)

Duplexer adalah alat yang memungkinkan sistem memancarkan dan menerima sinyal gelombang elektromagnetik melalui pemandu gelombang (*waveguide*) dan antena yang sama. Fungsi duplexer adalah menghubungkan pemancar dan antena selama masa pemancaran dan secara serentak mengisolasi unit penerima. Setelah selesai pemancaran, secara cepat duplexer akan memutuskan pemancar dari antena dan menghubungkan alat penerima dengan antena sehingga dapat menerima energi pantulan dari target.

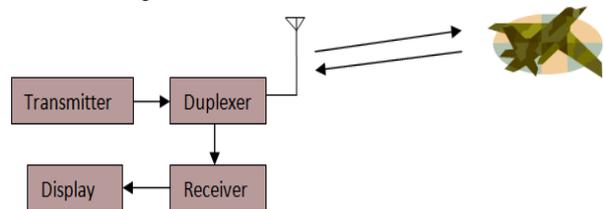
5. Unit Penerima (*Receiver*)

Unit penerima (Rx) radar hampir secara universal adalah jenis super heterodyne. Sinyal energi yang terdeteksi yang dipasok dari unit penerima ke indikator disebut video (dari kata kerja Bahasa Latin 'melihat') sebab informasi yang diterima ditampilkan untuk dilihat secara visual.

6. Blok Display

Layar radar adalah layar tampilan yang digunakan untuk menampilkan informasi posisi target. Jenis indikator yang digunakan ditentukan oleh jenis informasi yang disajikan. Dalam banyak hal, informasi yang disajikan adalah informasi arah (*azimuth*) dan jarak (*range*) secara serentak. Untuk itulah digunakan indikator posisi mendatar yang populer dikenal sebagai PPI (Plan Position Indicator).

Radar PSR (*primary Surveillance Radar*) bekerja dengan sistem *passive echoes*. Radar PSR meradiasikan gelombang EM dan menerima echo yang direfleksikan dari objek yang mengirimkan kehadiran, jarak dan azimuth namun belum dapat menampilkan identitas.



Pada sistem SSR di ground terdapat pemancar / penerima yang disebut Interrogator, sedang di pesawat udara terdapat pemancar / penerima yang disebut Transponder.

Frekuensi kerja peralatan SSR adalah :

- Interrogator mode menggunakan frekuensi carrier 1030 MHz
- Transponder code menggunakan frekuensi carrier 1090 MHz

Dengan adanya target yang aktif dan dengan frekuensi carrier diatas yang berbeda, maka pada SSR kita dapat mendeteksi pesawat yang cukup jauh yaitu sekitar 200 NM. Sehingga petugas ATC dapat mengetahui keberadaan atau posisi suatu pesawat. Apabila pesawat telah mencapai batas maksimum yaitu lebih dari 200 NM, maka stasiun darat yang ada di bandara tidak akan bisa mendeteksi atau menampilkan nya dalam layar display. Sehingga tugas ATC untuk selalu mengawasi setiap pesawat yang ada dalam layar display dan berkomunikasi dengan baik melalui voice communication.

a. Jarak jangkauan SSR

Jarak jangkau Secondary Surveillance Radar ke pesawat udara adalah 200 NM. Jarak jangkau diukur dalam satuan Nautical Mile (NM) dimana 1 NM = 1,852 kilometer.

- 1 NM = 1.852 km
- 200 NM = 370 km

Interval T pada interrogasi pada umumnya sebesar 2,5 mS, dimana untuk jarak maksimum secara teoritis :

$$r = C T / 2 \dots\dots\dots(1)$$

dimana r = jarak maksimum

C = kecepatan cahaya 3.10^8 m/s

T = pulse repetition time (PRT)

PRT yaitu selang waktu antara satu pulsa dengan pulsa berikutnya yang disebut juga satu siklus kerja $PRT = 1/PRF$

Atau $T = 1/PRF$ dan

$$PRF = 1/T$$

Jadi untuk mencari T maka dapat diperoleh dengan menggunakan rumus :

$$T = 1 / PRF$$

dimana nilai PRF adalah $T = 1$

$$= 1 / 400 = 2,5 \text{ ms}$$

b. Antena Radar

Ukuran antena radar merupakan parameter penting untuk meningkatkan kerja radar. Pada dasarnya antena radar hanya memiliki main lobe, sehingga daya yang ditransmisikan terfokus pada objek yang dituju. Pada prakteknya keadaan tersebut tidak dapat tercapai dikarenakan sifat dasar antena tersebut. Kondisi ini akan berpengaruh terhadap jauh dekatnya range radar yang dapat dicapai.

Untuk mendapatkan range radar yang luas maka antena perlu diperhatikan besar serta tinggi antenanya, karena :

- a. Antena yang besar akan lebih memusatkan daya yang ditransmisikan dalam bentuk berkas yang sempit.
- b. Antena yang besar mempunyai aperture area yang luar sehingga daya tangkap terhadap sinyal pantulan akan lebih besar.

Perubahan jarak jangkau (range) radar akibat pengaruh antena tersebut akan mempengaruhi nilai waktu untuk radar melakukan suatu interogasi. Secara garis besar range untuk radar sekunder dihitung sesuai dengan rumus :

$$T = \frac{R}{c} \dots\dots\dots(2)$$

dimana :

R = Range Radar (meter)

c = Cepat rambat cahaya (3×10^8 m/s)

T = Waktu propagasi sinyal (s)

Besarnya daya yang diradiasikan secara efektif oleh kombinasi transmitter dan antena dalam arah dari main beam disebut **Effective Radiated Power** atau ERP. Daya ini diradiasikan secara isotropic untuk menghasilkan efek yang sama sebagaimana diberikan oleh transmitter dan antena, dengan arah gain digambarkan dalam rumus berikut :

$$ERP = P_T G_T \dots\dots\dots(3)$$

dimana :

ERP = Daya Radiasi Efektif Radar (watt)

P_T = Daya Efektif yang disalurkan ke antena (watt)

G_T = Gain antena transmitter.

Kerapatan Daya atau Power Density didefinisikan sebagai daya yang dipancarkan oleh antena per unit daerah (density) pada jarak (R) dari antena tersebut. Jika pulsa yang dipancarkan memiliki Peak

Power (P_T) dan antena Omnidirectional (isotropic) maka persamaannya adalah :

$$PD = \frac{P_t^2}{4\pi R} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

PD = Kerapatan Daya (watt/m²)

Pt = Daya yang ditransmisikan (watt)

R = Jarak dari transmitter ke objek (m)

Prinsip antena radar yang ideal adalah merupakan antena yang memiliki kecerahan pada suatu titik tertentu, sehingga daya yang diradiasikan akan maksimal. Berdasarkan karakteristik tersebut, maka antena radar merupakan antena directive sehingga kerapatan dayanya dinyatakan dalam :

$$PD = \frac{P_t^2}{4\pi R} \times G \dots\dots\dots(5)$$

dimana :

G = Gain antena sepanjang arah objek.

b. Lebar Pulsa

Lebar pulsa merupakan panjang waktu daya iluminasi saat kondisi ON untuk setiap transmisi. Besar kecilnya pulsa dapat mempengaruhi kerja suatu radar, terutama dalam resolusi range target pada radar tersebut. Jika radar pulsa sempit maka :

a. Radar akan mampu membedakan beberapa target yang letaknya berdekatan (High Resolution).

b. Diperlukan receiver dengan bandwidth lebar untuk dapat menampung semua harmonik pulsa tersebut

c. Daya Pantulan

Daya pantulan yang diterima radar (P_r) berbanding terbalik dengan pangkat 4 range radar (R). Jadi jika range radar dinaikkan 2 kali, maka daya yang dipancarkan radar (P_t) harus dinaikkan 16 kali.

d. Pulse Repetition Frequency

Pulse Repetition Frequency merupakan sejumlah pulsa iluminasi yang ditransmisikan per detik. Nilainya tidak boleh kecil karena akan menyebabkan berkurangnya jumlah pulsa yang mengenai target, akibatnya pulsa-pulsa pantulan akan sulit dideteksi. Hal ini akan banyak berpengaruh pada integration process, yaitu proses penjumlahan pulsa-pulsa yang

ditembakkan ke target, hingga dengan menjumlahkan pulsa-pulsa tersebut gema yang diterima efektif lebih besar.

e. Daya Rata-rata

Daya rata-rata adalah daya yang diemisikan transmitter radar secara rata-rata sepanjang waktu. Untuk beberapa kasus daya ini lebih penting daripada peak power untuk mendeteksi target.

f. Noise Figure (NF)

Noise Figure/ Noise factor diukur dari thermal noise yang dihasilkan pada receiver dibandingkan noise yang dihasilkan receiver yang sempurna pada suhu 29° K . Jika noise figure diperkecil maka Rmax akan semakin besar, jadi receiver harus mempunyai NF sekecil mungkin. Alat penentu nilai NF adalah bagian RF Amplifier.

g. Luas Efektif Target

Luas Efektif Target adalah area target yang dapat memenuhi atau menghasilkan daya pantulan (gema) yang dapat dideteksi balik oleh radar. Faktor- faktor seperti arah tampilan, frekuensi radar, ukuran fisik, bentuk geometri objek, dan komposisi dari objek dapat mempengaruhi nilai nominal *radar cross section* dari target. *Radar cross section* target diketahui tergantung ukuran target.

h. Faktor - faktor lain.

Faktor-faktor lain yang mempengaruhi unjuk kerja radar adalah seperti redaman atmosfer, temperatur, dan daerah dimana radar dioperasikan (dataran atau pegunungan). Redaman atmosfer disebabkan oleh adanya absorpsi oleh gas-gas di atmosfer dan penghamburan oleh partikel di atmosfer.

2.2.5. Perbedaan Primary Surveillance Radar (PSR) dan Secondary Surveillance Radar (SSR)

Radar ada beberapa macam dan yang umum digunakan di Bandar Udara adalah *Primary Surveillance Radar* dan *Secondary Surveillance Radar* (SSR). Kedua jenis radar baik PSR maupun SSR mempunyai cara kerja berbeda. Pada PSR sifatnya aktif dan pesawat yang ditargetkan sifatnya pasif. Karena PSR hanya menerima pantulan

gelombang radio dari refleksi pesawat tersebut (*echo*). Sedangkan pesawat itu sendiri tidak "tahu-menahu" dengan kegiatan radar di bawah. Pada SSR, baik radar maupun pesawat kedua-duanya aktif. Hal ini dapat dilakukan karena pesawat terbang dilengkapi dengan transponder. Pesawat pesawat yang tidak dilengkapi transponder tidak akan dapat dilihat pada radar scope seperti identifikasi pesawat, ketinggiannya dan lain-lain.

2.5.2. Kendala saat pengoperasian Secondary Surveillance Radar (SSR)

Beberapa kendala yang mungkin timbul pada pengoperasian radar sekunder diantaranya :

1. Garble
Garble dapat terjadi jika dua pesawat atau lebih berada berdekatan dan diadakan pemisahan (*separation*) oleh petugas ATC sejauh 5 NM. Keadaan ini menyebabkan munculnya simbol dan kode pesawat yang tumpang tindih pada layar display.
2. Capture effect
Dapat terjadi karena transponder hanya mampu memberikan jawaban bagi satu interrogation pada satu waktu yang tepat.
3. Sinyal multipath
Disebabkan banyaknya jalur yang dapat ditempuh oleh sinyal antara stasiun radar dengan pesawat udara dan sebaliknya. Jalur utama sinyal adalah garis lurus atau yang lebih dikenal dengan istilah *line of sight*. Jalur lain/tambahan dapat timbul karena adanya permukaan bumi seperti gedung-gedung tinggi, tiang antenna dan bangunan-bangunan lain yang berdekatan letaknya dengan stasiun radar. Sinyal pantulan ini dapat memperlemah sinyal masukan bagi perangkat penerima.
4. FRUIT (*False Replies from Unsynchronised Interrogator Transmissions*)
Dapat terjadi bila dua stasiun radar yang letaknya berdekatan, misalnya A dan B saat bersamaan memberikan interrogation kepada sebuah pesawat terbang yang sama. Maka akan terjadi kemungkinan jawaban yang seharusnya untuk stasiun A diterima oleh B, atau sebaliknya. Hal ini dapat terjadi karena jangkauan radar (*coverage*) dari kedua stasiun tersebut saling berpotongan (*overlap*)

5. Diskriminasi jarak (*Range discrimination*)
Diskriminasi jarak adalah kemampuan radar untuk membedakan jarak pemisahan sasaran yang terletak pada baringan yang sama dan satu sama lain berdekatan.

Kendala-kendala tersebut diatas pada prinsipnya disebabkan oleh dua masalah pokok, yaitu :

1. Kesalahan pendeteksian oleh transponder pesawat udara.
2. Kesalahan data pada pulsa jawaban yang diterima oleh stasiun radar.

3. ANALISA SSR BANDARA SOETTA

Teknik penginderaan dengan menggunakan sistem *Secondary Surveillance Radar (SSR)* adalah teknik *surveillance* yang dikembangkan untuk mengatasi masalah umum yang sering terjadi pada sistem *Primary Surveillance Radar (SSR)*.

Masalah tersebut adalah :

- a. Tidak dapat memberikan data identitas secara langsung;
- b. Tidak terdapat indikator kondisi tertentu seperti kondisi darurat, radio rusak dan sejenisnya;
- c. Jangkauan radar ditentukan oleh kekuatan pemancar;
- d. Sering kali menampilkan target palsu;
- e. Pantulan (*echo*) ditentukan oleh posisi dan konfigurasi pesawat udara;
- f. Seluruh target diam dianggap sebagai clutter;
- g. Prosedur identifikasi lebih rumit dan makan waktu;
- h. Tidak terdapat informasi ketinggian;
- i. Prosedur transfer rumit;
- j. Jauh lebih mahal dibanding SSR;
- k. Update rate lebih lama dibanding SSR yaitu antara 4 sd 12 detik;

Pada Bab ini akan dihitung parameter-parameter yang mempengaruhi kinerja SSR berdasarkan data SSR Thomson RS - 770 yang dioperasikan di Bandara Soekarno-Hatta untuk melakukan fungsi *surveillance* antara lain :

- a. Jarak jangkauan sinyal SSR;
- b. Waktu Interogasi (*Interrogation Time*)
- c. Daya Radiasi Efektif (*Effective Radiated Power*);
- d. Kerapatan Daya (*Power Density*).

Sistem radar sekunder *ranging time* didefinisikan berbeda dengan pada radar primer. Pada sistem radar primer *ranging time* didefinisikan sebagai waktu pengiriman sinyal ditambah waktu penerimaan gema. Sedangkan pada sistem radar sekunder, *ranging time* dapat didefinisikan sebagai waktu interogasi ditambah waktu *reply*. Pada sistem radar primer waktu pengiriman sinyal dengan waktu penerimaan dapat diasumsikan sama besarnya, sedangkan pada sistem radar sekunder waktu interogasi dan waktu *reply* memiliki durasi waktu berbeda. Hal ini dipengaruhi besarnya data yang terkandung dalam sinyal interogasi dan sinyal *reply*.

a). Jarak jangkauan sinyal SSR
 Dengan adanya target yang aktif dan dengan frekuensi carrier yang berbeda seperti interrogator 1030 MHz dan transponder 1090 MHz, maka pada SSR kita akan dapat mendeteksi pesawat yang cukup jauh.

Jarak jangkau SSR kepesawat terbang adalah 200 NM.

Power yang diperlukan untuk pemancarnya adalah 2,5 Kwatt.

1 NM = 1.825 km

200 NM = 370 km

Interval T pada interogasi pada umumnya adalah kira-kira 2,5 mS, dimana untuk jarak maksimum secara teoritis :

$$r = C T / 2$$

dimana r = jarak maksimum

C = kecepatan cahaya $3 \cdot 10^8$ m/s

T = pulse repetition time (PRT)

PRT yaitu selang waktu antara satu pulsa dengan pulsa berikutnya yang disebut pula satu siklus kerja

$$PRT = 1 / PRF$$

atau

$$T = 1 / PRF$$

dan $PRF = 1 / T$

jadi, untuk mencari T dapat diperoleh dengan menggunakan rumus :

$$T = 1 / PRF$$

Dimana nilai dari PRF adalah 400 jadi :

$$T = 1 / PRF$$

$$= 1 / 400$$

$$= 2,5 \text{ mS}$$

Maka dapat diperoleh hitungan secara

rumus untuk jarak maksimum SSR untuk mendeteksi pesawat terbang adalah menggunakan persamaan (2.1) :

Untuk T = 2,5 mS

$$r = C T / 2$$

$$= 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} \times 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ s} / 2$$

$$= 375 \text{ km}$$

dari perhitungan diatas dapat dilihat bahwa kemampuan jangkauan maksimum dari sinyal SSR untuk mendeteksi pergerakan pesawat adalah sejauh 375 km.

b). Waktu Interogasi (Interrogation Time)

1). Range Minimum

Range minimum= 0,5 Nm

1 Nm= 1,852 Km

Range Minimum= 0,5 x 1,852 Km = 926 m

Waktu Interogasi saat Range Minimum :

$$T \text{ Interogasi} = \frac{926 \text{ m}}{3 \times 10^8 \text{ m/s}}$$

$$T \text{ Interogasi} = 3,0867 \text{ ms}$$

2). Range Maksimum

Range Maksimum= 250 NM

1 NM= 1,852 Km

Range Maksimum= 250 x 1,852 Km = 463 Km

Waktu Interogasi saat Range Maksimum :

$$T \text{ Interogasi} = \frac{463 \text{ 000 m}}{3 \times 10^8 \text{ m/s}}$$

$$T \text{ Interogasi} = 1,5433 \text{ ms}$$

Hasil dari perhitungan diatas dapat dilihat pengaruh *range* terhadap waktu interogasi bahwa makin jauh jarak objek terhadap transmitter, maka makin besar pula waktu interogasi yang dibutuhkan. Besarnya waktu interogasi akan mempengaruhi keakuratan pergerakan pesawat yang ditampilkan pada layar radar. Jadi apabila waktu interogasi kecil maka setiap pergerakan pesawat dapat dideteksi dengan lebih cepat, sehingga akan memberikan gambaran yang lebih jelas tentang pergerakan pesawat seperti yang ditampilkan di layar radar. Namun jika waktu interogasi semakin besar, maka pergerakan pesawat yang ditampilkan pada layar radar tidak terlalu akurat.

c). Pada sistem radar, daya yang diradiasikan

oleh antena radar harus dapat fokus hanya pada objek yang dituju, sehingga daya maksimum akan diradiasikan sepenuhnya ke arah objek yang diinginkan. Selain itu keterarahan daya pancar pada suatu arah tertentu akan menghindari adanya proses pendeteksian objek yang tidak diinginkan, sehingga objek yang didapat pada display radar sesuai dengan kebutuhannya. Daya yang dapat diradiasikan secara efektif oleh kombinasi transmitter / antena dalam arah main beam disebut *Effective Radiated Power / ERP*. Maka besarnya kerapatan daya gain maksimum dapat dihitung menggunakan persamaan (2.3):

- Karakteristik SSR Thomson RS - 770 :

$$P_T = 2,5 \text{ kW} = 2500 \text{ watt}$$

$$G_T = 7 \text{ dBi}$$

$$ERP = 2500 \times 7$$

$$ERP = 17,5 \text{ kW}$$

Besarnya daya yang diradiasikan secara tidak langsung akan mempengaruhi sistem kerja radar. Hal ini terutama berkaitan dengan bisa tidaknya transponder memberikan sinyal jawaban. Karena sinyal dipropagasikan dalam *line of sight* sehingga dalam perjalanan gelombang dapat mengalami beberapa *loss* yang menyebabkan level daya menurun, sehingga daya yang sampai tidak dapat memenuhi syarat untuk memberitahukan bahwa pesawat tersebut diberikan suatu sinyal interogasi, hal tersebut berpengaruh kepada keakuratan terhadap deteksi pesawat pada layar radar. Seharusnya secara teori, pesawat tersebut dapat terdeteksi, namun karena pada prakteknya daya yang ditransmisikan tidak tepat, maka hal tersebut diatas dapat terjadi.

d). Selain daya radiasi efektif, kerapatan daya antena juga dapat mempengaruhi kinerja radar. Kerapatan daya (power density) dapat dihitung dengan persamaan (2.4) sehingga :

- Karakteristik SSR Thomson RS - 770

$$P_T = 2,5 \text{ kW} = 2500 \text{ watt}$$

$$G_T = 7 \text{ dBi}$$

1). Range Minimum

$$\text{Range minimum} = 0,5 \text{ Nm}$$

$$1 \text{ Nm} = 1,852 \text{ Km}$$

$$\text{Range Minimum} = 0,5 \times 1,852 \text{ Km} = 926 \text{ m}$$

Power Density saat Range minimum :

$$PD =$$

$$\frac{2,5 \times 10^3}{4\pi (926)^2 \text{ m}^2} \times 7$$

$$PD = 1,6249 \text{ mW/m}^2$$

2). Range Maksimum

$$\text{Range Maksimum} = 250 \text{ NM}$$

$$1 \text{ NM} = 1,852 \text{ Km}$$

$$\text{Range Maksimum} = 250 \times 1,852 \text{ Km} = 463 \text{ Km}$$

Power Density saat Range Maksimum

$$PD =$$

$$\frac{2,5 \times 10^3}{4\pi (463\,000)^2 \text{ m}^2} \times 7$$

$$PD = 0,0065 \text{ mW/m}^2$$

Seperti terlihat dari data-data perhitungan tersebut maka semakin jauh jarak suatu objek dari transmitter radar akan menyebabkan kerapatan dayanya semakin mengecil. Hal ini disebabkan karena loss yang terjadi pada medium propogasi yang disebabkan oleh perubahan dengan luas medium dinyatakan dalam $4\pi R^2$ makin membesar. Karena daya yang dipancarkan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak, dapat dilihat bahwa kerapatan daya dengan daya transmisi tetap dan jarak yang terus meningkat, akan menyebabkan nilai nominalnya semakin mengecil. Saat keadaan pesawat semakin jauh maka kerapatan daya semakin berkurang.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa data yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. *Secondary Surveillance Radar (SSR)* Thomson RS 770 digunakan untuk memperkuat pelayanan *Primary Surveillance Radar (PSR)* karena jangkauan radar jauh lebih luas dari radar primer (PSR) yang selama ini telah digunakan di Bandara Soekarno - Hatta.
2. Sistem *surveillance* pada SSR Merk Thomson RS 770 masih terdapat kekurangan karena kerapatan daya yang semakin kecil saat pesawat berada jauh dari transmitter interogator menyebabkan data ketinggian pesawat, kemungkinan target palsu atau kesalahan deteksi kode

SSR dll juga berpotensi mengalami kesalahan deteksi.

3. SSR Merk Thomson RS 770 mempunyai waktu interogasi saat range minimum sebesar 3,0867 mikro detik dan waktu interogasi 1,5433 mili detik pada saat range maksimum.
4. Dengan gain antena maksimum sebesar 7 dBi, maka daya efektif yang dihasilkan sebesar 17,5 kW. Kerapatan daya (*power density*) pada saat range minimum adalah 1,6249 mW/m² dan saat range maksimum adalah sebesar 0,0650 W/m²

5. DAFTAR PUSTAKA

1. Abdullah Agus Ma'rufi dan Moch. Abdul Azis, 2007. *Peranan Radar Surveillance (PSR/SSR) dalam Pelayanan Lalu Lintas di Indonesia dan ADS-B sebagai Sistem Alternatif*. Prosiding Seminar Radar Nasional 2007.
2. Doc. GMST, September 2007, *Guidance Manterial on Comparison of Surveillance Technologies* (GMST), 1st - edition 1.0, Montreal : ICAO Secretary General.
3. Abdul Mueed, *Radar Basics*. Course Material for Departmental Promotion Examination (DPE).
4. Marconi Wireless, *Lesson SSR*. (online). (<http://slideshare.net/yc2levgmail/lesson-ssr>, diakses tgl 25 Januari 2017: 23.30 WIB).
5. William L. Melvin, James A. Scheeer, *Principles of Modern Radar - Radar Application.....*
6. Doc. 8071 Vol. III, 1999, *Manual on Testing of Radio Navigation Aids, Testing of Surveillance Radar System*, 1st Edition, Montreal: ICAO Secretary General.
7. Aminarno Budi Pradana, 2014. *Sistem Pengawasan Lalu Lintas Penerbangan Sipil*. Cetakan ke-1, PT. RajaGrafindo Persada, Jakarta.
8. Mawaddah, 2010. *Study tentang Secondary Surveillance Radar (SSR) untuk menentukan Berbagai Informasi Pesawat Terbang di PT. Angkasa Pura II.*