

Analisis Kerusakan Data Radar Dengan Menggunakan *Rass Tool* di Airnav Cabang Makassar

Raisyafitri Ayman¹, Toni², Adrian Darmasaputra³

¹Teknik Navigasi Udara, Politeknik Penerbangan Indonesia, Tangerang, Indonesia

² Teknik Navigasi Udara, Politeknik Penerbangan Indonesia, Tangerang, Indonesia

³ Airnav Indonesia Cabang Makassar Air Traffic Service Center (MATSC)

E-mail: ayman.raisyafitri@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menguji secara empiris bahwa terjadi kerusakan pada Radar sehingga beberapa target mengalami *track* yang *zig zag* dari posisi awal di ATC system. Hal tersebut menyebabkan gangguan pada Air Traffic Controller (ATC) dalam melakukan pengontrolan lalu lintas penerbangan. Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah analisis kuantitatif dengan pengambilan data melalui pengecekan *Ground Check* pada Radar Makassar. Hasil *Ground Check* tersebut adalah *Data Validity* menunjukkan nilai sesuai standar, *False Target* sesuai standar, *Positional accuracy* menggunakan analisis *systematic error* sesuai standar pada tabel 2.1, *Probability of Detection* (PD) MSSR channel A adalah 98,941% sesuai standar, *coverage* menunjukkan Radar Makassar mendeteksi jarak terjauh *track* pada posisi 247,3 NM dengan FL 359 di posisi *azimuth* 276,2°. Berdasarkan hasil *Ground Check* tersebut maka perlu diadakan pengecekan dan perbaikan lebih lanjut.

Kata Kunci: Radar, *Ground Check*, ATC system.

1. Pendahuluan

Radar adalah *Radio Detection and Ranging*, berguna untuk mendeteksi posisi pesawat dengan arah atau azimuth yang mengacu pada utara dengan jarak tertentu dari posisi Radar. Radar telah memungkinkan pengendalian Lalu lintas Udara untuk melihat dan mengarahkan pesawat guna menghindari tabrakan antarpesawat atau antara pesawat dan rintangan di darat. (Yati Nurhayati & Susanti, 2014). Penulis dalam melaksanakan *On the Job Training* (OJT) mendapat laporan dari Air Traffic Controller (ATC) ada beberapa target diatas radius 100 NM pada Radar Makassar mengalami *track zig zag* dari posisi awal di ATC system. Sehingga menimbulkan gangguan dalam pengontrolan lalu lintas penerbangan. Gangguan data ini termasuk kedalam kategori berat dimana data input dari Radar sekitar Makassar dan ADS-B di ATC system tidak akurat.

1.1 Teori Dasar Radar

Radar umumnya bekerja untuk menentukan posisi, kecepatan, dan identifikasi suatu objek dalam jangkauan radar baik di darat, laut, maupun udara menggunakan gelombang elektromagnetik. Konsep aplikasi radar adalah mengukur jarak antar sensor dan 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 Air Traffic Control. Di Indonesia sendiri peralatan radar sangat minim dan sudah berumur. (Slamet Purwo Santoso, 2017)

Antena PSR yang bekerja menggunakan *gamma void* untuk mendeteksi target. PSR adalah perangkat untuk secara pasif mendeteksi dan mengetahui posisi dan data target di sekitarnya, di mana pesawat tidak berpartisipasi aktif jika terkena pancaran sinyal RF Radar primer. Sinar dipantulkan oleh badan pesawat dan dapat diterima di sistem penerima radar, di mana energi RF dipancarkan dari PSR antena ketika mengenai *Target in Line*, energi RF akan dipantulkan dan diterima kembali oleh Radar. (A S Prabowo et al., 2021)

Pada sistem SSR *ground station* atau penerima disebut interrogator dan pada pesawat udara penerima atau pemancar disebut transponder. Pada interrogator transmisi menerima frekuensi 1030 MHz, transponder menanggapi dengan transmisi frekuensi 1090 Mhz. Tanggapan tersebut berbentuk kode, semua SSR saat ini menggunakan frekuensi yang sama yaitu 1030 MHz untuk transmisi ke udara dan 1090 MHz untuk transmisi ke *ground*. (Akhdad Hafidz Irfandi & Muhammad Taufi, 2013)

SSR adalah sistem Radar yang digunakan di ATC, yang tidak hanya mendeteksi dan mengukur posisi pesawat tetapi juga meminta informasi tambahan dari pesawat itu sendiri seperti identitas dan ketinggiannya. Radar SSR memiliki lima kode yang berbeda (A, B, C, D). Teknologi identifikasi mendasari SSR untuk membedakan musuh atau teman pada militer, dan sistem ini masih kompatibel sampai sekarang. (Oleksii O. Strelnytskyi et al., 2019)

Sistem *Monopulse Secondary Surveillance Radar* (MSSR) bergantung pada dua aspek utama untuk deteksi pesawat yang akurat dan pemosisian Pertama, untuk deteksi harus dilengkapi dengan transponder yang menghasilkan rangkaian pulsa dalam menanggapi interogasi dari peralatan darat. Kedua, untuk pemosisian yang benar, radar monopulse harus dapat memproses pulsa yang diterima dan menentukan, dengan peningkatan presisi *azimuth*. Sejauh ini, MSSR harus menggunakan antena khusus dengan beberapa elemen pancaran, diumpungkan dengan fase dan level sinyal yang ditentukan secara ketat untuk memastikan kinerja pemosisian yang kuat dan cakupan yang optimal. (Gheorghe Mintean et al., 2021)

Sistem *Monopulse Secondary Surveillance Radar* sepenuhnya sesuai dengan ICAO untuk sistem kontrol lalu lintas udara sipil, kontrol lalu lintas udara militer, dan operasi pertahanan udara. Sistem MSSR/Mode S juga memenuhi persyaratan Eurocontrol. MSSR dapat mengoperasikan keduanya. otonom dan dipasang bersama dengan radar utama. Seluruh sistem adalah sistem redundan ganda yang sangat modular. (Doc, n.d.)

1.2 Prinsip Kerja Radar

Radar adalah perangkat yang mengirimkan sinyal elektromagnetik dan menerima sinyal dari target dan digunakan untuk mendeteksi objek yang tidak terlihat dengan mata telanjang. Prinsip kerja radar pada dasarnya adalah memancarkan sinyal gelombang elektromagnetik dari antena pemancar, sinyal mengenai target, sinyal diteruskan dan sebagian dipantulkan. Sinyal yang dipantulkan disebut sinyal *echo*. (Blowfish et al., 2022)

Berikut adalah bagian-bagian pada Radar :

1. *Transmitter* ditampilkan sebagai penguat daya, penguat medan silang, atau perangkat *solid state*. Karena bentuk gelombang dasar dibangkitkan pada daya rendah sebelum dikirimkan ke penguat daya, jauh lebih mudah untuk mencapai bentuk gelombang khusus diperlukan untuk kompresi pulsa dan untuk sistem yang koheren seperti target bergerak indikasi radar dan radar doppler pulsa. Osilator magnetron mungkin ditemukan dalam sistem di mana kesederhanaan dan mobilitas penting dan di mana daya rata-rata tinggi, kinerja MTI yang baik, atau kompresi pulsa tidak diperlukan.
2. *Duplexer*, bertindak sebagai saklar cepat untuk melindungi penerima dari kerusakan saat pemancar berdaya tinggi menyala. Pada penerimaan, dengan pemancar mati, duplexer mengarahkan sinyal yang diterima lemah ke penerima daripada ke pemancar. *Duplexer* umumnya adalah beberapa bentuk perangkat pelepasan gas dan dapat digunakan dengan pelindung penerima *solid-state* atau *gas-discharge*.
3. Antena, memancarkan ke luar angkasa oleh antena direktif yang memusatkan energi menjadi sinar sempit. Antena *array* bertahap yang dikendalikan secara elektronik juga digunakan. Sebuah *beamwidth* antena khas untuk deteksi atau pelacakan pesawat mungkin sekitar 1 atau 2°.
4. *Receiver*, sinyal yang dikumpulkan oleh antena dikirim ke penerima, yaitu: hampir selalu dari tipe *superheterodyne*. Pada frekuensi gelombang mikro, kebisingan pada keluaran penerima biasanya dihasilkan oleh penerima itu sendiri daripada kebisingan eksternal yang masuk melalui antena. Penguat transistor sebagai tahap pertama menawarkan kebisingan rendah yang dapat diterima untuk banyak aplikasi radar.
5. *Signal Processing*, Tidak selalu ada kesepakatan umum tentang apa merupakan bagian pemrosesan sinyal dari radar, tetapi biasanya dianggap menjadi pemrosesan yang tujuannya adalah untuk menolak sinyal yang tidak diinginkan dan melewati sinyal yang diinginkan karena target. Ini dilakukan sebelum pendeteksi ambang batas di mana keputusan pendeteksian dibuat. Pemrosesan sinyal meliputi: filter yang cocok dan filter doppler di MTI dan radar doppler pulsa.
6. *Data Processing*, Ini adalah pemrosesan yang dilakukan setelah keputusan pendeteksian telah dibuat. Pengenalan target adalah contoh lain. Ketika Radar tidak dapat menghilangkan semua gema gangguan, sarana untuk mempertahankan tingkat alarm palsu yang konstan pada input ke pelacak diperlukan.
7. *Display*, Tampilan untuk radar pengawasan biasanya berupa tabung sinar katoda dengan format PPI. PPI adalah modulasi intensitas, presentasi seperti peta yang menyediakan lokasi target dalam koordinat kutub. Radar yang lebih tua menyajikan output video dari penerima langsung ke layar, tetapi radar yang lebih modern umumnya menampilkan video yang diproses, yaitu, setelah diproses oleh detektor otomatis atau otomatis detektor dan pelacak.
8. *Radar Control*, Radar modern dapat beroperasi pada frekuensi yang berbeda dalam pitanya, dengan bentuk gelombang yang berbeda dan pemrosesan sinyal yang berbeda, dan dengan polarisasi yang berbeda untuk memaksimalkan kinerjanya di bawah lingkungan yang berbeda. kondisi mental. Parameter radar ini mungkin perlu diubah sesuai dengan cuaca lokal, lingkungan yang berantakan, gangguan ke atau dari peralatan elektronik lainnya, dan sifat lingkungan ECM yang tidak bersahabat.

9. *Waveform*, Bentuk gelombang radar yang paling umum adalah rangkaian pendek yang berulang-ulang pulsa. CW digunakan pada beberapa radar khusus untuk pengukuran kecepatan radial dari pergeseran frekuensi doppler. Bentuk gelombang kompresi pulsa digunakan ketika resolusi pulsa pendek tetapi energi pulsa panjang yang diinginkan. Radar MTI dengan rendah frekuensi pengulangan pulsa dan radar doppler pulsa. (Merrill I. Skolnik, n.d.)

1.3 Teori Dasar *Rass Tool*

Rass Tool adalah sebuah alat yang digunakan untuk membantu pelaksanaan *maintenance* peralatan *surveillance*, dimana *Rass Tool* terdiri dari 2 jenis, yaitu *Rass-R* yang digunakan untuk memonitor data atau *output* dari *ground station* peralatan Radar dan ADS-B dan *Rass-S* yang digunakan untuk mengecek modul-modul peralatan yang ada di *site*. (*RASS-R Software Overview-Data Handling Module (DHM)*, n.d.)

1.4 Parameter *Rass Tool*

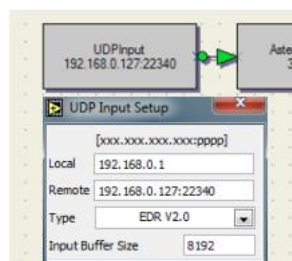
Tampilan menu pada *Tool Rass-R* terdiri dari :

1. *Data Handling*, adalah data *input / output system* baik itu Radar atau ADS-B. Terdiri dari 2 bagian utama, yaitu *DHM Background Server* dan *DHM Configuration Manager*. Semua konfigurasi di *DHM Background Server* diselesaikan dengan konfigurasi modul DHM dan dapat dikoneksikan secara *local* atau *remote*. *DHM Configuration Manager* mengizinkan untuk membuat, menjalankan, dan memonitor yang ada dalam *DHM Background Server*.
2. *Display & Monitoring*, menampilkan *maps*, posisi *ground station*, *target*, dan *coverage* pada ADS-B atau Radar yang sedang di *record* sehingga dapat dilihat secara *real data*. *Display & Monitoring* terbagi menjadi 2, yaitu *Multi Radar Display* dan *TMD 3 Display*.
3. *Analysis*, aplikasi ini terdiri dari *Radar Comparator Dual*, *Radar Comparator Mono*, *Track Analysis*, *Data Replay*, dan *Coverage Map Calculation* yang berfungsi untuk menganalisa semua data yang di *record*. (*RASS-R Software Overview-Data Handling Module (DHM)*, n.d.)

1.5 *Rass Tool DHM Session*

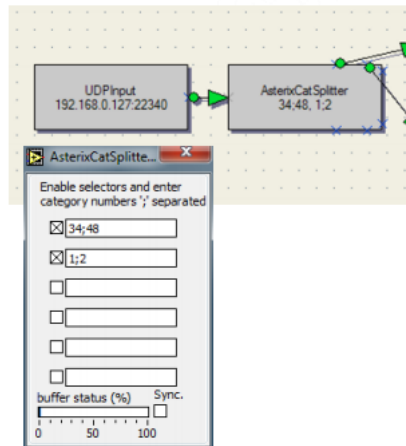
Berikut adalah *session* pada DHM yang digunakan dalam proses *ground check* Radar :

1. *UDP Input*, parameter yang digunakan adalah *local*, *remote*, *type*, dan *input buffer size*.



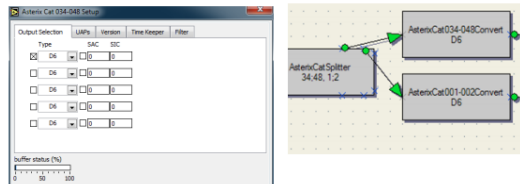
Gambar 1.1 UDP Input

2. *ASTERIX Category Splitter*, digunakan untuk mengkonversi data yang mungkin informasi lain pada *input* UDP akan merusak proses konversi.



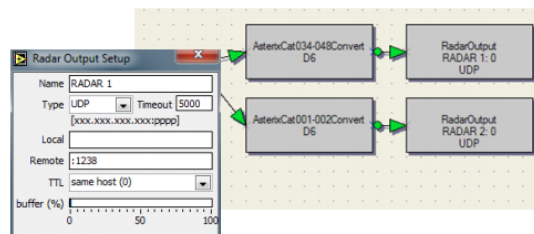
Gambar 1.2 *ASTERIX Category Splitter*

3. *ASTERIX Convert*, dalam ini Radar *setup* adalah *ASTERIX CAT034/048*



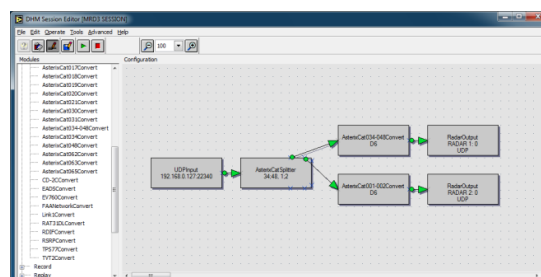
Gambar 1.3 *ASTERIX Convert*

4. Radar *Output*, data dikirim ke *MRD3 display*



Gambar 1.4 *Radar Output*

5. *Session Analisa Data Radar*, tampilan akhir pada *session Rass Tool*. (*RASS-R Software Overview-Data Handling Module (DHM)*, n.d.)



Gambar 1.5 *Session Analisa Data Radar*

2. Metode Penelitian

Analisis Kerusakan Data Radar Dengan Menggunakan *Rass Tool* di Airnav Cabang Makassar
 Prosiding Seminar Nasional Vokasi Penerbangan (SNVP) Vol. 01, No. 01, Desember, 2022

Pada penelitian ini penulis melakukan Analisa peralatan yang mengalami gangguan berdasarkan pada laporan yang diterima. Penulis mengambil data-data pendukung dengan melakukan *ground check* pada Radar Makassar.

Tabel 2.1 Resume Data Ground Check Radar Makassar

No.	Parameter Performa	Nilai Pengukuran		Standar (KP. 103 Tahun 2015)	Analisa Dampak	Keterangan
		Channel A	Channel B			
1	<u>Pengukuran Data Output Radar</u>					
1.1	Probability of Detection (PD)	98.941%	-	> 95 %		Sesuai standar
1.2	<u>Positional Accuracy</u>					
1.2.1	<u>Systematic Error</u>					
1.2.1.1	Range Bias	3,47 m	-	< 100 m		Sesuai standar
1.2.1.2	Azimuth Bias	0,0970 °	-	< 0,1°		Sesuai standar
1.3	<u>Data Validity</u>					
1.3.1	Valid & Correct A Code	99.736 %	-	> 98 %		Sesuai standar
1.3.2	Valid & Incorrect A Code	0 %	-	< 0,1 %		Sesuai standar
1.3.3	Valid & Correct C Code	99,816 %	-	> 96 %		Sesuai standar
1.3.4	Valid & Incorrect C Code	0.045 %	-	< 0,1 %		Sesuai standar
1.4	<u>False Target Analysis</u>					
1.4.1	Multiple Target	0 %	-	< 0,3 %		Sesuai standar
1.4.2	Reflections	0 %	-	< 0,2 %		Sesuai standar
1.4.3	Sidelobes	0 %	-	< 0,1 %		Sesuai standar
1.4.4	Splits	0 %	-	< 0,1 %		Sesuai standar

3. Pembahasan

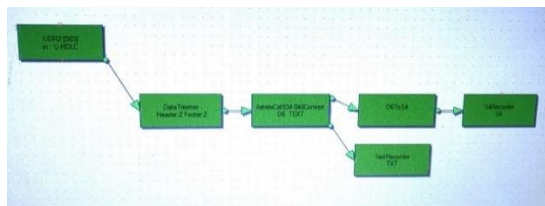
Langkah penyelesaian masalah pada Radar Makassar berdasarkan hasil Analisa data Radar Makassar adalah sebagai berikut :

1. Didapati adanya laporan dari ATC bahwa ada *track* Radar yang mengalami *zig zag* dari posisi awal pada jarak diatas 100 NM, diindikasikan Radar mengalami kerusakan.



Gambar 3.1 Tampilan Target Radar Zig Zag

2. Melakukan pengecekan pancaran dengan melaksanakan *ground check* pada Radar Makassar dengan menggunakan *Tool Rass-R* untuk mengecek data yang diterima di *Makassar Air Traffic Service Center (MATSC)*.
3. Melakukan pengecekan pada Radar *channel A (master)*.
4. *Channel B* tidak dilakukan pengecekan karena sedang rusak.

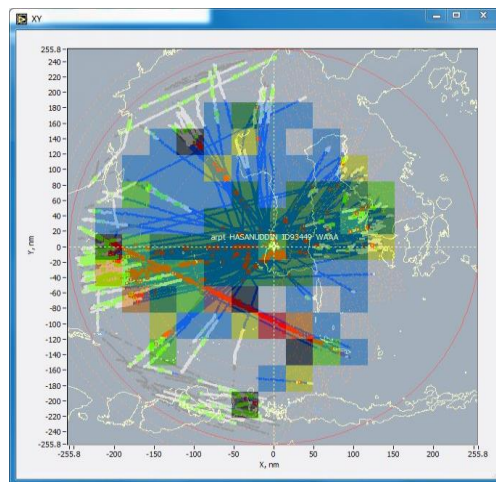


Gambar 3.2 *Ground Check* Radar Makassar menggunakan *Rass Tool*

5. Melakukan analisa hasil *ground check* Radar Makassar menggunakan parameter kualitas data Radar. Berikut adalah parameter-parameter kualitas dalam pengukuran data Radar :

a. *Probability of Detection* (PD)

Perbandingan antara jumlah *track* yang dihasilkan terhadap jumlah keseluruhan *track*. Perhitungan tersebut berdasarkan data Radar yang di *record* menggunakan *Data Handling Module* pada *software RASS-R*. *Cell* warna abu-abu mengindikasikan bahwa tidak cukup data pada area tersebut untuk dianalisis. *Cell* warna merah, oranye, dan hitam merepresentasikan area dimana persentase *Probability of Detection* dibawah 97%. PD Radar MSSR Mode-S Makassar rata-rata terukur sebesar 98,941% pada *channel A* sesuai *software RASS-R*.



Gambar 3.3 PD Radar MSSR *channel A* Makassar dalam bentuk *cells*

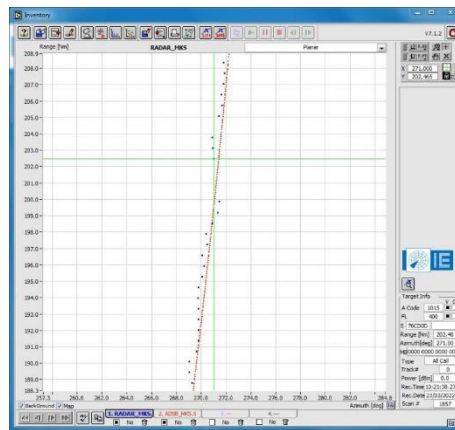
Tabel 3.1 Persentase *Probability of Detection*

Parameter	Hasil Pengukuran		Spesifikasi Duren Hubud
	Channel A	Channel B	
Probability of Detection (%)	98,941%	-	Minimum 95,0%

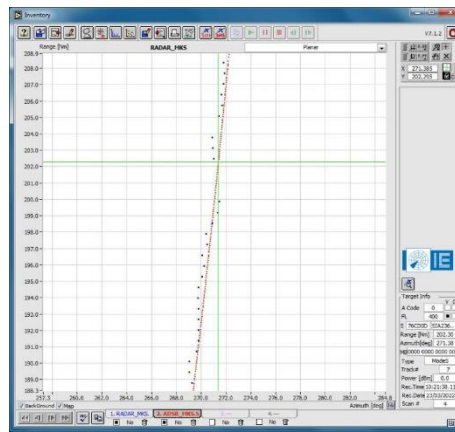
b. *Positional Accuracy Analysis*

i. *Systematic Error Analysis*

Merupakan *bias error* pada sebuah posisi *track* yang dideteksi oleh Radar dibandingkan terhadap referensi. *Error* ini dapat terjadi disebabkan karena *north adjustment* yang kurang tepat. Hasil pada gambar berikut menampilkan *azimuth bias* antara *track Radar* (sebagai sistem yang dites) terhadap *track ADS-B* (sebagai sistem yang dijadikan referensi).



Gambar 3.4 *Track* Radar berada pada azimuth 271,00° pada jarak 202,46 NM dan FL 400



Gambar 3.5 *Track* ADS-B berada pada azimuth 271,38° pada jarak 202,30 NM dan FL 400

Track yang diproses dan ditampilkan oleh Radar (berwarna biru) dan ADS-B (berwarna merah). Perbedaan posisi antara *track* Radar terhadap ADS-B sebesar 0,38° dimana posisi Radar lebih *Counter Clockwise* terhadap posisi *track* ADS-B.

Tabel 3.2 *Statistics Analysis Data Radar Channel A* terhadap ADS-B

Parameters	ADS-B MALI	RADAR MKS
Start Time	07:47:34	07:47:33
Length	00:28:00	00:28:00
Samples	1137301	168649
Samples Correlated	501745	110185
Radar Offset, nm	0.0	
Biases: Samples Used	500257	109773
Range Bias, m	<0.00>	3.47
Range Gain, ppm	<0>	-956
Azimuth Bias, deg	<0.0000>	0.0970
Range Error at max range, m		-656.19
Time Bias, ms		0.0

Berdasarkan data pada tabel, dapat diketahui bahwa besarnya *azimuth bias* antara *track* Radar channel A terhadap ADS-B adalah 0,0970°.

ii. *Data Validity Analysis*

Data dari SSR diproses oleh *Radar Comparator Mono (RCM) Rass-R* untuk dicek kualitas *Correct & Validity Code* nya. Berdasarkan hasil pengukuran dapat terlihat pada tabel bahwa nilai *Valid A & C Code*

sesuai standar, dimana nilai validitas A dan C *Code* dipengaruhi oleh informasi *reply* yang dikirim oleh target maupun kemampuan sistem Radar dalam melakukan *decoding data reply*.

Tabel 3.3 Data validity analysis terhadap Code A dan C

Parameter	Hasil Pengukuran		Spesifikasi Dirjen
	Channel A	Channel B	Hubud
Valid and Correct A Code (%)	99.736	-	Min. 98
Valid and Correct C Code (%)	99.816	-	Min. 96
Valid and Incorrect A Code (%)	0	0	Maks. 0,1
Valid and Incorrect C Code (%)	0,045	0	Maks. 0,1

iii. *False Target Analysis*

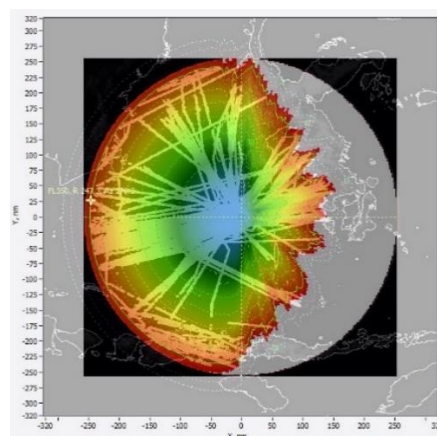
Setiap *target report* (*plot, track, position*) yang disajikan pada tampilan Radar yang tidak mewakili posisi target yang diinginkan. *Radar Comparator Mono* (RCM) membandingkan *individual target report* terhadap *trajectory* yang dibangun. Bila report berada di luar area *trajectory* yang seharusnya, maka laporan tersebut diklasifikasikan sebagai *false target*. Hasil pengukuran *false target analysis* menunjukkan bahwa tidak terdapat *false target* yang dihasilkan pada Radar Makassar. Baik berupa *multiple targets, sidelobes*, ataupun *splits*.

Tabel 3.4 False target analysis

Parameter	Hasil Pengukuran		Spesifikasi Dirjen
	Channel A	Channel B	Hubud
Multiple Targets (%)	0	0	Maks. 0,3
Reflections (%)	0	0	Maks. 0,2
Sidelobes (%)	0	0	Maks. 0,1
Splits (%)	0	0	Maks. 0,1

c. *Data Coverage Analysis*

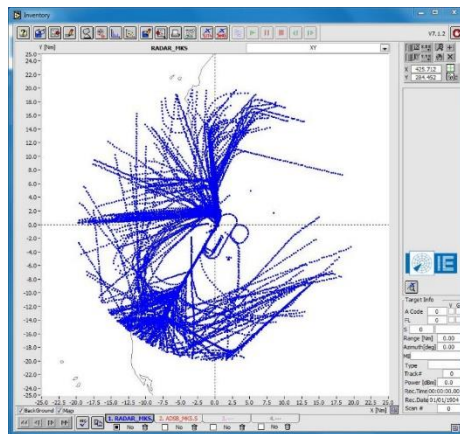
Sejauh mana jangkauan pancaran Radar dapat menangkap target, sehingga tidak semua sektor nilainya sama karena menyesuaikan dengan relief atau kontur bumi di sekitar area penempatan Radar. Jarak terjauh sesuai *capture data* yaitu pada jarak 247,3 NM dengan FL 350 di posisi *azimuth* 276,2°.



Gambar 3.6 Analysis Coverage melalui Radar Comparator Mono

i. *Horizontal Coverage*

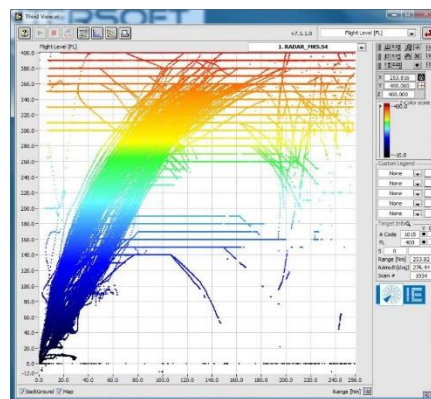
Dapat dicek dengan memanfaatkan *traffic* pada area cakupan Radar Makassar sejauh radius 20 NM dan *altitude* sampai dengan 10.000 ft. Hal ini diperlukan untuk memastikan pancaran Radar diterima di seluruh *azimuth*, serta mengantisipasi pertumbuhan *obstacle* disekitar *site Radar*.



Gambar 3.7 Track trajectories Radar Makassar radius 20 NM dan *Altitude* ≤ 10.000 ft.

ii. *Vertical Coverage*

Dapat dicek dengan memanfaatkan *traffic* di area cakupan Radar Makassar pada *altitude* 0 ft sampai dengan *flight level* maksimum kemampuan Radar. Pengecekan diperlukan untuk mengetahui ukuran, bentuk, dan kelayakan dari pola radiasi vertikal pancaran Radar. Dalam gambar dibawah dapat diketahui bahwa perbedaan warna merepresentasikan perbedaan *flight level*. Dimana warna biru adalah FL 0 sampai FL 220, hijau FL 220 sampai FL 280, kuning FL 280 sampai FL 320, oranye FL 320 sampai FL 360, merah FL 360 sampai FL 400.



Gambar 3.8 Track trajectories Radius Makassar yang membentuk pola *vertical coverage*

4. Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis pada data Radar Makassar dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. *Ground check* data Radar Makassar hanya dilakukan pada *channel* A saja karena GPS pada *channel* B *unserviceable*.
2. *Probrability of Detection* (PD) MSSR *channel* A adalah 98,941%, masih sesuai standar.
3. *Data Validity* menunjukkan nilai Valid & Correct A dan C Code sesuai standar. Nilai *Valid & Incorrect* A dan C Code juga sesuai standar.
4. *False Target* masih sesuai standar.
5. *Positional Accuracy* menggunakan analisis *systematic error* sesuai standar.
6. Pengukuran *coverage* menunjukkan Radar MSSR Mode-S Cabang Makassar dapat mendeteksi jarak maksimum *track* pada posisi 247,3 NM dengan FL 359 di posisi azimuth 276,2°.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah membantu dan mendukung penelitian ini :

1. Politeknik Penerbangan Indonesia Curug
2. Program Studi Teknik Navigasi Udara

3. Airnav Indonesia Cabang Makassar Air Traffic Service Center (MATSC)

Daftar Pustaka

- A S Prabowo, N Pambudiyatno, & B.B Harianto. (2021). *Microstrip Antenna Design with Patch Rectangler for Primary Surveillance Radar (PSR) L-Band Application*.
- Akhmad Hafidz Irfandi, & Muhammad Taufi. (2013). *PENGGUNAAN SECONDARY SURVEILLANCE RADAR UNTUK PENENTUAN POSISI PESAWAT UDARA*.
- Blowfish, A., Sudirman, S., & Alqadri, A. (2022). *Mendeteksi dan Melacak Pesawat Menggunakan*.
<https://repository.unibos.ac.id>
- Doc, Y. (n.d.). *MSSR-1 Radar System Description Y7400A ELDIS MSSR-1 Radar Y7400A System Description*.
- Gheorghe Mintean, Tudor Palade, Emanuel Puschita, Paul Dolea, & Andra Pastrav. (2021). *Monopulse Secondary Surveillance Radar Coverage—Determinant Factors*.
- Merrill I. Skolnik. (n.d.). *CHAPTER 1 AN INTRODUCTION TO RADAR*.
- Oleksii O. Strelnytskyi, Iryna V. Svyd, Ivan I. Obod, Oleksandr S. Maltsev, & Ganna E. Zavolodko. (2019). *Optimization of Secondary Surveillance Radar Data Processing*.
- RASS-R Software Overview-Data Handling Module (DHM)*. (n.d.).
- Slamet Purwo Santoso. (2017). *ANALISA PENGOPRASIAN SECONDARY SURVEILLANCE RADAR (SSR) DI BANDARA SUKARNO-HATTA*.
- Yati Nurhayati, & Susanti. (2014). *Implementasi Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B) di Indonesia*.