

ANALISIS INTERFERENSI RADIO PENYIARAN FM DI SEKITAR BANDAR UDARA HUSEIN SASTRANEGARA TERHADAP FREKUENSI PENERBANGAN

ANALYSIS OF FM BROADCAST RADIO INTERFERENCE ON AERONAUTICAL FREQUENCY AROUND HUSEIN SASTRANEGARA AIRPORT

Agie Vadhillah Putri¹, Heroe Wijanto², Budi Syihabuddin³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹agiegi@student.telkomuniversity.ac.id, ²heroe@telkomuniversity.ac.id, ³budisyihab@telkomuniversity.ac.id

ABSTRAK

Penerbangan adalah satu kesatuan sistem yang terdiri atas pemanfaatan wilayah udara, pesawat udara, bandar udara, angkutan udara, navigasi penerbangan, keselamatan dan keamanan, lingkungan hidup, serta fasilitas penunjang dan fasilitas umum lainnya. Komunikasi penerbangan antar Bandar udara berfungsi untuk memberikan pelayanan berupa informasi penerbangan dari satu Bandar udara ke Bandar lainnya. Selain itu, juga ada komunikasi penerbangan antar petugas ATC (*Air Traffic Control*) dan pesawat. Sistem komunikasi penerbangan antar petugas *Air Traffic Control* dan pesawat disebut sistem komunikasi penerbangan bergerak. Di Indonesia sistem komunikasi penerbangan bergerak ini sering mengalami gangguan karena adanya interferensi dari frekuensi lain yang berpropagasi di sekitar pesawat maupun ATC. Gangguan ini dapat menyebabkan bahaya yang besar untuk keselamatan penerbangan tersebut. Pada tugas akhir ini, dilakukan analisis terhadap sistem komunikasi radio penerbangan bergerak dengan radio penyiaran FM disekitar Bandar Udara Husein Sastranegara. Dari hasil perhitungan daya yang diterima oleh pesawat dari pemancar ADC dan APP di bandar udara Husein Sastranegara adalah -54.264 dBm dan -61.414 dBm. Nilai ini sudah sesuai dengan aturan yang telah ditetapkan oleh ICAO dengan minimal penerimaan di pesawat adalah -85 dBm.

Kata kunci : interferensi, sistem komunikasi penerbangan, radio penyiaran fm

ABSTRACT

Flight is a system that consisted of the usage of air territory, airplanes, airports, air navigation, safety, security, and another support and public facilities. Communication between airports has a function to exchange information between airports. On another hand, there is also communication between Air Traffic Control (ATC) and airplanes. Flight Communication Systems between ATC and airplanes are called Aeronautical mobile service. In Indonesia, this mobile flight communication system frequently experiences breakdown due to interference from another frequency that propagated around the airplane as well as around ATC. This breakdown can be disastrous for the passenger. In this final project, a research is conducted to improve mobile flight communication system. This research will use frequency data on Husein Sastranegara Airport. According to the calculation, the power received by airplane from ADC and APP transmitter around Husein Sastranegara Airport are -54.264 dBm and -61.414 dBm. This value is appropriate with the existing regulation stated by ICAO with the minimum power received by the airplane around -85 dBm.

Keywords : *interference, aeronautical mobile systems, fm broadcast radio*

1. Pendahuluan

Penerbangan adalah satu kesatuan sistem yang terdiri atas pemanfaatan wilayah udara, pesawat udara, bandar udara, angkutan udara, navigasi penerbangan, keselamatan dan keamanan, lingkungan hidup, serta fasilitas penunjang dan fasilitas umum lainnya.[1] Keselamatan penerbangan adalah hal yang paling penting diperhatikan untuk meminimalisir penyebab kecelakaan pesawat udara. Penyebab kecelakaan pesawat udara adalah faktor manusia, faktor pesawat terbang, dan faktor cuaca. Menurut statistik faktor manusia mempunyai andil paling besar yaitu 66%, disusul faktor pesawat terbang 31,8%, dan faktor cuaca 13,2%.[2] Faktor penyebab kecelakaan tersebut tidak berdiri sendiri, tapi gabungan antara dua atau ketiga faktor tersebut. Regulasi terkait keselamatan penerbangan secara internasional dikeluarkan oleh *International Civil Aviation Organization* (ICAO) dan di Indonesia sepenuhnya menjadi tanggung jawab Kementerian Perhubungan.[3] Salah satu gangguan yang sering

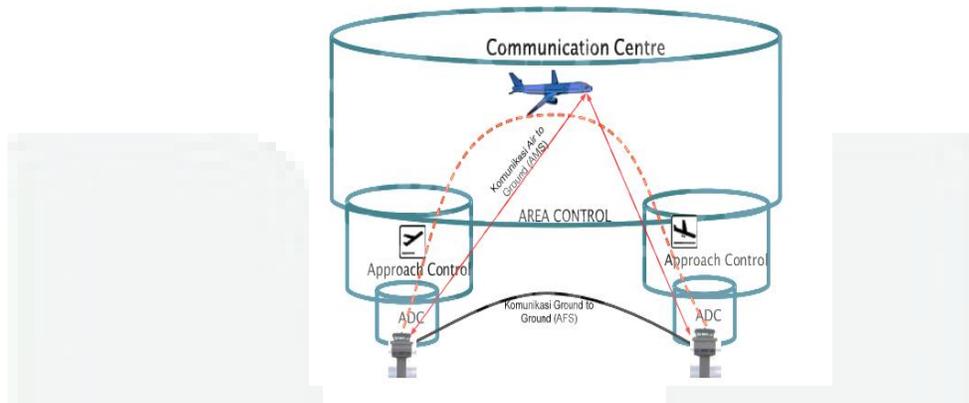
terjadi adalah terganggunya komunikasi antara pilot dengan petugas ATC di tower. Gangguan komunikasi ini dikarenakan saling tumpang tindihnya frekuensi penerbangan dengan frekuensi penyiaran radio FM. Pada penelitian ini dilakukan analisis penyebab terjadinya gangguan antara frekuensi penerbangan bergerak dengan frekuensi penyiaran FM.

2. Landasan Teori

A. Pelayanan Komunikasi Penerbangan

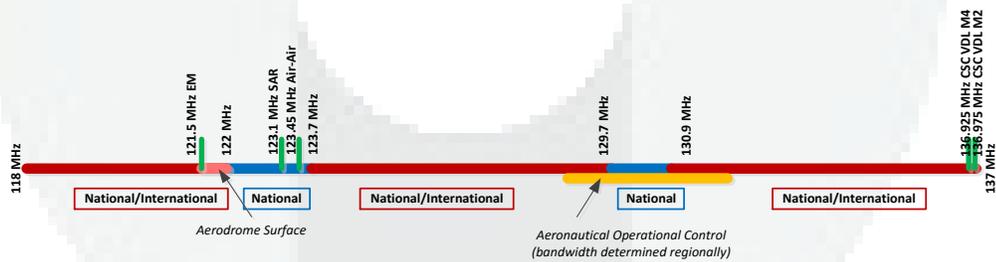
Pelayanan komunikasi penerbangan dilakukan oleh pemandu lalu lintas (*air traffic controller*). *Air Traffic Controller* atau ATC merupakan pengatur lalu lintas udara yang tugas utamanya mencegah terjadinya tabrakan antar pesawat. Pelayanan komunikasi penerbangan yang dilakukan oleh ATC dibagi menjadi sesuai dengan gambar 2.1[4]:

- a. Komunikasi Radio Penerbangan Tetap (*Aeronautical Fixed Service*)
- b. Komunikasi Radio Penerbangan Bergerak (*Aeronautical Mobile Service*)
- c. Komunikasi Radio Navigasi Penerbangan (*Aeronautical Radio Navigation Service*)



Gambar 1. Komunikasi Penerbangan[1]

B. Alokasi Frekuensi Penerbangan



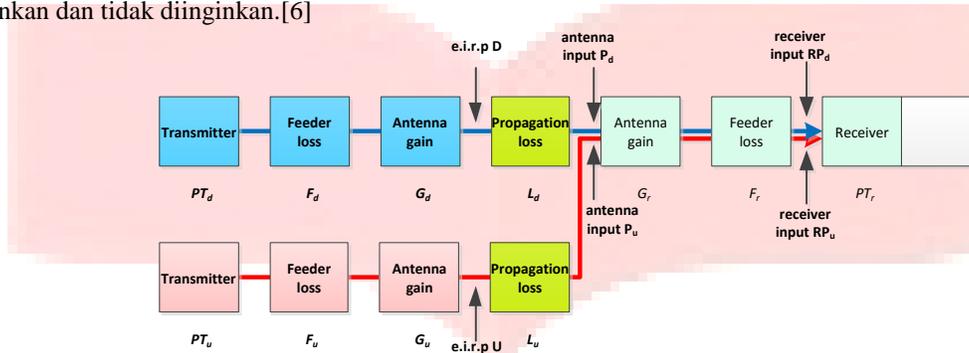
Gambar 2. Alokasi frekuensi penerbangan dan frekuensi khusus [5]

Frekuensi yang dialokasikan oleh ICAO untuk penerbangan adalah rentang frekuensi 118 MHz hingga 137 MHz. Untuk Bandar Udara Husein Sastranegara, alokasi frekuensi penerbangan ADC (*Aerodrome Control*) dan APP (*Approach Control*) adalah 118,65 MHz dan 121,00MHz.

C. Analisis Kompatibilitas

Analisis kompatibilitas adalah analisis interferensi antara sistem radio yang sama maupun berbeda untuk menghitung jarak dan frekuensi yang diperlukan. Hal ini untuk mencegah interferensi kepada sistem yang digunakan untuk komunikasi penerbangan bergerak maupun keperluan navigasi

Dalam penelitian ini level daya yang diterima penerima di pesawat berdasarkan perbandingan daya sinyal yang diinginkan dan tidak diinginkan.[6]



Gambar 3. Diagram Skematik Daya yang diinginkan dan tidak diinginkan[6]

Gambar 3 adalah gambar diagram skematik daya yang diterima antenna penerima di pesawat ketika menerima sinyal dari pemancar Menara ATC dan pemancar ilegal.

Persamaan perhitungan level daya yang diterima antenna pesawat dari frekuensi yang diinginkan :

$$P_d = P_{T_d} - F_d + G_d - L_d \tag{1}$$

Dimana :

- P_{T_d} : Daya keluaran dari pemancar yang diinginkan (dBm)
- F_d :Rugi-rugi saluran transmisi pada pemancar yang diinginkan (dB)
- G_d :Gain dari antena yang diinginkan (dBi)
- L_d :Redaman propagasi untuk sinyal yang diinginkan (dB)
- P_d :Daya keluaran dari pemancar yang diinginkan di antenna penerima(dBm)

Sedangkan untuk persamaan perhitungan level daya yang diterima antenna dari pemancar yang tidak diinginkan adalah sebagai berikut :

$$P_u = P_{T_u} - F_u + G_u - L_u \tag{2}$$

Dimana :

- P_u : Daya dari pemancar yang tidak diinginkan di antenna penerima (dBm)
- P_{T_u} : Daya keluaran dari pemancar yang tidak diinginkan (dBm)
- F_u : Rugi-rugi saluran transmisi pada pemancar yang tidak diinginkan (dB)
- G_u : Gain dari antena yang tidak diinginkan (dBi)
- P_u : Daya keluaran dari pemancar yang tidak diinginkan di antenna penerima(dBm)

Sedangkan untuk menghitung nilai level daya yang diterima oleh perangkat pesawat adalah sebagai berikut :

$$P_{T_r} = P_d - F_r + G_r \tag{3}$$

Dimana :

- P_{T_r} : Daya terima di pesawat (dBm)
- F_r :Rugi-rugi saluran transmisi pada pesawat (dB)
- G_r :Gain dari antena pesawat (dBi)

Setelah mendapatkan nilai pada persamaan 2.3 dan persamaan 2.4, maka dapat dicari perbandingan daya sinyal yang diinginkan dan tidak diinginkan tersebut berdasarkan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{D}{U} = P_d - P_u \tag{4}$$

Dimana :

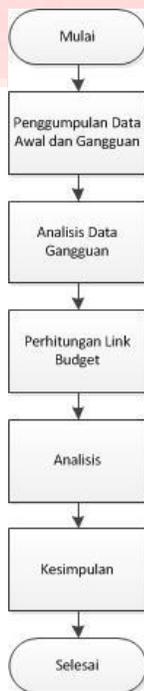
- P_d : Daya dari pemancar yang diinginkan di antenna penerima (dBm)
- P_u : Daya dari pemancar yang tidak diinginkan di antenna penerima (dBm)
- D/U : Protection Ratio (dB)

Protection ratio yang diizinkan oleh ICAO adalah 20 dB untuk daerah dengan jumlah pemancar radio penyiaran sedikit, sedangkan jika radio penyiaran cukup banyak maka batas aman *protection ratio* hingga 14 dB. [6]

3. Metodologi Penelitian

A. Diagram Alir

Dalam penelitian dan analisis mengenai sistem komunikasi radio penerbangan bergerak dilakukan sebuah penelitian yang terstruktur dan sistematis. Hal ini dimaksudkan agar hasil analisis yang dilakukan dapat seakurat mungkin. Gambaran umum dari penelitian ini terangkum dalam diagram alir sebagai berikut :

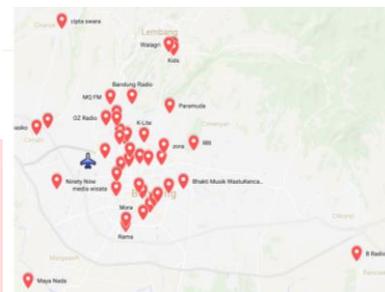


Gambar 4. Diagram Alir Proses Pengerjaan

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini secara umum proses kerja yang dilakukan terbagi menjadi lima. Proses pertama adalah mengumpulkan data awal berupa data penggunaan frekuensi penerbangan di Bandar Udara Husein Sastranegara, data radio penyiaran FM terdaftar, serta data laporan gangguan terhadap frekuensi penerbangan. Proses kedua yaitu proses menganalisis data gangguan yang sudah dikumpulkan. Proses ketiga yaitu perhitungan *link budget* terhadap pemancar di Bandar Udara. Proses keempat adalah analisis secara keseluruhan antara data yang didapat. Proses terakhir adalah penarikan kesimpulan dari keempat proses yang telah dilakukan.

B. Lokasi Radio Penyiaran FM yang berada di Jalur Penerbangan Bandar Udara Husein Sastranegara

Bandar Udara Husein Sastranegara berada di lingkungan dengan sebaran radio penyiaran FM yang cukup besar. Kota Bandung, tempat bandar udara ini berada memang menjadi salah satu kota di Indonesia dengan jumlah radio penyiaran FM tertinggi. Saat ini ada 43 radio yang berada disekitar Bandar Udara Husein Sastranegara. Jumlah sebaran radio penyiaran FM ini berada di tiga lokasi, Kota Bandung, Kota Cimahi, dan juga Kabupaten Bandung. Berikut gambar sebaran radio penyiaran FM disekitar Bandar Udara Husein Sastranegara.



Gambar 5. Sebaran Radio FM di sekitar Bandar Udara Husein Sastranegara

Pada Gambar 5 terlihat sebaran radio FM di sekitar Bandar Udara Husein Sastranegara terbanyak terletak di Kota Bandung. Jarak radio penyiaran FM dengan ARP (*Airport Reference Point*) yang paling dekat berada pada jarak kurang dari satu kilometer yaitu radio Bandung Suara Indah. Radio ini memiliki frekuensi 92,1 MHz dan memiliki ERP sebesar 49,96 dBm. Sedangkan radio yang paling jauh berada pada jarak 18,97 kilometer. Radio ini adalah radio Swara Burinyai yang memiliki frekuensi 95,6 MHz dan memiliki ERP sebesar 70,79 dBm.

Dari data sebaran radio penyiaran FM yang dilampirkan pada bagian terlihat bahwa rata-rata jarak radio dengan ARP adalah lima kilometer. Dari data inipun terlihat bahwa disekitar jalur penerbangan, ERP terbesar pada radio Inafir KLCBS yang memiliki frekuensi 100,4 MHz dan nilai ERP 71,49 dBm, serta memiliki jarak 8,97 kilometer dari ARP. Sedangkan ERP terkecil pada radio Swara Auto Graha yang memiliki frekuensi 88,9 Mhz dengan nilai ERP 49,761 dBm dan berjarak 2,68 kilometer dari ARP.

Tabel 1. Gangguan Frekuensi Penerbangan

NO	STATUS	INSTANSI TERGANGGU	INDIKASI GANGGGUAN	STATUS PENANGANAN
1	TERGANGGU	AIRNAV	Frekuensi 121 Mhz (APP Bandung) splletteran musik dari stasiun radio amatir/penyiaran berada di atas "BND" VOR	Pengganggu frekuensi fundamental 99 MHz milik Yayasan SMP Krida Utama
2		AIRNAV	Frekuensi 132,10MHz terganggu berupa sinyal <i>tone</i>	Pengaturan treshold perangkat untuk penerima terlalu tinggi
3		AIRNAV	Frekuensi 118,65 MHz terganggu oleh suara komunikasi radio lain	Pengganggu radio komunitas dengan frekuensi fundamental 106,8 MHz
4		AIRNAV	Frekuensi 118,65 MHz terganggu oleh suara komunikasi radio lain	Pengganggu radio amatir dengan frekuensi fundamental 140,7 MHz
5		AIRNAV	Frekuensi 132,10MHz terganggu berupa sinyal <i>tone</i>	Gangguan terjadi pada perangkat navigasi
6	TIDAK TERGANGGU	AIRNAV	Frekuensi 121,00 Mhz (APP Bandung) splletteran musik dari stasiun radio amatir/penyiaran berada pada posisi 14 s/d 40 NM Tenggara Bandara Husein	Gangguan tidak ditemukan
7		AIRNAV	Frekuensi 121,00 MHz dan 132,10 MHz (VHF-ER) gangguan suara musik dari satasiun radio	Gangguan tidak ditemukan

Frekuensi penerbangan bergerak maupun tidak bergerak di Bandar Udara Husein Sastranegara sering kali mengalami gangguan. Gangguan yang terjadi pada frekuensi ini akan langsung dilaporkan kepada Balai Monitoring (Balmon) Kelas II Bandung oleh Airnav, selaku badan yang bertanggung jawab terhadap terlaksananya penyelenggara kegiatan telekomunikasi dan navigasi di lingkungan bandar udara. Gangguan yang dilaporkan kepada Balmon dan

diteruskan untuk dilakukan pelacakan ternyata tidak semua ditemukan sumber gangguannya. Dari ketujuh laporan gangguan yang diterima terdapat tiga laporan gangguan yang tidak ditemukan sumber gangguan, sedangkan empat laporan lainnya ditemukan sumber gangguannya. Keempat gangguan tersebut tiga diantaranya disebabkan oleh *spurious* dari frekuensi radio ilegal yang masuk ke frekuensi penerbangan. Dalam Tabel 1 dikelompokkan gangguan frekuensi penerbangan terlapor berdasarkan ditemukan atau tidak ditemukannya sumber gangguan.

4. Perhitungan dan Analisis

A. Daya Sinyal Diinginkan

Pemancar ADC dan APP adalah pemancar yang digunakan ATC untuk komunikasi dengan pesawat. Berikut disajikan level daya yang diterima oleh antenna pesawat dalam Tabel 2 berdasarkan perhitungan :

Tabel 2. Level Daya ADC dan APP di Pesawat saat Jarak Maksimum [7]

Pemancar	Level Daya (dBW)
Pd ADC	-84,264
Pd APP	-91,414
Pr ADC	-87,264
Pr APP	-94,414

Dari hasil tabel 4.1 dapat dilihat daya sinyal yang diterima antenna pesawat dari pemancar ADC dan APP saat berada di jarak cakupan maksimum adalah -84,264 dBW dan -91,414 dBW, kedua nilai ini memenuhi nilai sinyal minimum yang diizinkan oleh ICAO yaitu -112 dBW.

B. Hasil Analisis Radio Penyiaran FM

Aturan yang telah ditetapkan oleh Ditjen Postel – Depkominfo dalam “Master Plan Penetapan Frekuensi Kanal Radio Siaran FM” lebar pita frekuensi yang diizinkan pada modulasi 100% adalah 372 kHz dengan deviasi maksimum ± 75 kHz. Pada radio penyiaran FM terdaftar yang melalui jalur penerbangan Bandar Udara Husein Sastranegara digunakan dua lebar pita yaitu 300 kHz dan 372 kHz. Dari data tersebut dapat dianalisis bahwa radio penyiaran yang terdaftar di Balai Monitoring dan memiliki perangkat sesuai spesifikasi tidak akan mengganggu frekuensi penerbangan karena tidak ada *sidebands* yang melompat ke frekuensi penerbangan.

Pada analisis awal radio penyiaran FM, jarak terdekat dengan Bandar Udara Husein Sastranegara berada kurang dari satu kilometer dan berfrekuensi 92,1 MHz dengan nilai *free space loss* 71,24 dB, sedangkan jarak terjauh berada pada jarak 18,969 km, frekuensi 95,6MHz dengan nilai *free space loss* 97,57 dB. Dari analisis radio penyiaran FM terdaftar dan memiliki spesifikasi perangkat sesuai tidak mengganggu frekuensi penerbangan.

a. Hasil Analisis Gangguan yang diterima Frekuensi Penerbangan

Pada Tabel 1 sudah dipaparkan gangguan frekuensi penerbangan, pada bagian ini akan dianalisis nilai level daya pengganggu dengan level daya pemancar yang diinginkan, data tersebut disajikan dalam Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 3. Nilai D/U pada pemancar ADC [7]

Pemancar	Frekuensi (MHz)	Level Daya (dBm)	Nilai D/U (dB)
Frekuensi Pengganggu 1	106,8	-54,27	
Frekuensi Pengganggu 2	140,7	-58,52	
Frekuensi ADC (D)	118,65	-54,264	
Spurious Frekuensi Pengganggu 1 (U1)	118,555	-69,65	15,386
Spurious Frekuensi Pengganggu 2-1 (U2)	118,555	-56	1,736
Spurious Frekuensi Pengganggu 2-2 (U3)	118,555	-77,59	23,326

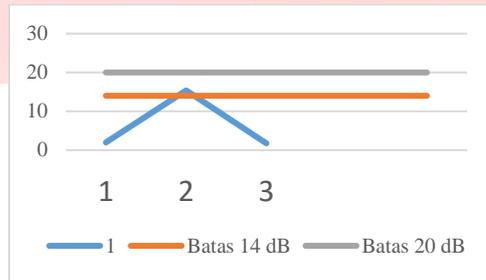
Tabel 4. Nilai D/U pada pemancar APP [7]

Pemancar	Frekuensi (MHz)	Level Daya (dBm)	Nilai D/U (dB)
Frekuensi Pengganggu 1	106,8	-54,27	
Frekuensi Pengganggu 2	140,7	-58,52	
Frekuensi APP (D)	121	-61,414	
Spurious Frekuensi Pengganggu (U)	121,138	-63,43	2,016

Tabel 5. Nilai D/U Gangguan Terlapor pada ADC dan APP [7]

No	Nilai D/U
1	2.016
2	15.386
3	1.736

Dari hasil Tabel 5 dapat dibuat grafik untuk melihat nilai D/U terhadap ambang batas yang diizinkan oleh ICAO yaitu 20 dB untuk daerah dengan jumlah radio penyiaran FM sedikit dan 14 dB untuk daerah dengan jumlah radio penyiaran FM yang cukup besar.



Gambar 6. Grafik Garis Nilai D/U [7]

Dari Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa gangguan pertama dan ketiga berada di luar batas ambang aman perbandingan D/U yang diizinkan, sedangkan untuk gangguan kedua nilai D/U berada di atas batas ambang nilai D/U yang diizinkan.

b. Co-Frequency Pemancar ADC dan APP

Selain disebabkan oleh frekuensi penyiaran FM, frekuensi kerja yang sama dari Bandar Udara lain harus diperhitungkan untuk mencegah terjadinya gangguan. Oleh karena itu perlu membuat jarak pemisah antara frekuensi yang saling berdekatan. Pemisahan jarak ini akan menggunakan perhitungan rasio perlindungan (D/U).

Tabel 6 Parameter Pemancar dan Penerima ADC

<i>Frequency</i>	118.65 MHz
<i>Output transmitter</i>	10 dB
<i>Feeder Loss receiver</i>	3 dB
<i>Antenna Gain</i>	0 dB
<i>Maximum distance desired</i>	9.26 km
<i>Free Space Loss</i>	93.217 dB
<i>Signal desired</i>	-86.217 dB

Tabel 6 menyajikan nilai parameter pemancar dan penerima dari ADC, dengan nilai rasio perlindungan 14 dB maka level sinyal yang tidak diinginkan menjadi -100,217 dBm. Pada perhitungan rasio perlindungan, nilai EIRP dari sinyal yang diinginkan dan tidak diinginkan adalah sama sehingga untuk frekuensi penerbangan 118,65 dapat digunakan pada jarak 46,3 km dari ARP Bandar Udara Husein Sastranegara. Spesifikasi perangkat untuk *co-frequency* 118,65 MHz disesuaikan dengan hasil perhitungan pada tabel 7.

Tabel 7 Parameter Pemancar dan Penerima Co-Frequency ADC

<i>Frequency</i>	118,65 MHz
<i>Output transmitter</i>	10 dB
<i>Feeder Loss receiver</i>	3 dB
<i>Antenna Gain</i>	0 dB
<i>Maximum distance undesired</i>	46,3 km
<i>Free Space Loss</i>	107,217 dB
<i>Signal undesired</i>	-100,217 dBm

Tabel 8. Parameter Pemancar dan Penerima APP

<i>Frequency</i>	121 MHz
<i>Output transmitter</i>	17 dB
<i>Feeder Loss receiver</i>	3 dB
<i>Antenna Gain</i>	0 dB
<i>Maximum distance desired (dD)</i>	46,3 km
<i>Free Space Loss</i>	107,41 dB
<i>Signal desired (D)</i>	-93,41 dB

Tabel 8 menyajikan nilai parameter pemancar dan penerima dari APP, dengan nilai rasio perlindungan 14 dB maka level sinyal yang tidak diinginkan menjadi $-107,41$ dBm. Pada perhitungan rasio perlindungan, nilai EIRP dari sinyal yang diinginkan dan tidak diinginkan adalah sama sehingga untuk frekuensi penerbangan 121 dapat digunakan pada jarak 231,5 km dari ARP Bandar Udara Husein Sastranegara. Spesifikasi perangkat untuk *co-frequency* 121 MHz disesuaikan dengan hasil perhitungan pada tabel 9.

Tabel 9. Parameter Pemancar dan Penerima Co-Frequency APP

<i>Frequency</i>	121,00 MHz
<i>Output transmitter</i>	17 dB
<i>Feeder Loss receiver</i>	3 dB
<i>Antenna Gain</i>	0 dB
<i>Maximum distance undesired (dU)</i>	231,5 km
<i>Free Space Loss</i>	121,41 dB
<i>Signal undesired (U)</i>	-107,41 dBm

5. Kesimpulan

Hasil perhitungan daya yang diterima oleh antenna pesawat dari pemancar ADC dan APP di bandar udara Husein Sastranegara adalah $-54,264$ dBm dan $-61,414$ dBm. Nilai ini sudah sesuai dengan aturan yang telah ditetapkan oleh ICAO dengan minimal penerimaan di antenna pesawat adalah -85 dBm. Selain itu, dari hasil perhitungan dan analisis didapatkan bahwa stasiun radio penyiaran FM yang terdaftar di Balai Monitoring Kelas II Bandung saat ini tidak menghasilkan interferensi yang dapat mengganggu frekuensi penerbangan. Gangguan frekuensi penerbangan juga dapat diakibatkan oleh penggunaan frekuensi pemancar ADC dan APP yang berdekatan, oleh karena itu setelah dilakukan perhitungan dengan memperhatikan rasio perlindungan yang diizinkan oleh ICAO maka *Co-frekuensi* perangkat ADC dan APP harus berjarak lima kali dari cakupan awal, yaitu 46.3 km dan 231.5 km. Monitoring secara intensif pemancar radio di sekitar bandar udara, serta penertiban radio komunitas ilegal adalah langkah utama yang harus dilakukan Balai Monitoring Kelas II Bandung untuk mencegah terjadi gangguan frekuensi penerbangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Republik Indonesia. 2009. Undang-Undang No. 1 Tahun 2009 tentang Penerbangan. Lembaran Negara RI Tahun 2009, No. 1. Sekretariat Negara. Jakarta.
- [2] “_____”.2013.Berbagai Faktor Penyebab Kecelakaan Pesawat [online], (<http://thepresidentpostindonesia.com/2013/04/22/berbagai-faktor-penyebab-kecelakaan-pesawat/> diakses tanggal 20 November 2014).
- [3] Wibowo, Hary. ”Penataan Ulang Pelayanan Ruang Udara Dalam Rangka Keselamatan Penerbangan di Indonesia dan Pemilihan Alternatifnya”, Tesis Manajemen Telekomunikasi Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Jakarta, 2012.
- [4] Purnama, Anggi. “Penataan Kembali Sistem Komunikasi Penerbangan Antara Bandar Udara Wilayah Maluku Utara”, Tesis Manajemen Telekomunikasi Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Jakarta, 2012.
- [5] Mulyadi. “Manajemen Frekuensi Penerbangan”.Pelatihan Petugas Monitoring Ditjen SDPPI. Direktorat Penataan Sumber Daya dan Perangkat Pos dan Informatika. 2011
- [6] “_____”. ICAO Handbook on Radio Frequency Spectrum Requirements for Civil Aviation Volume II Frequency assignment planning criteria for radio communication and navigation systems. 2012
- [7] Putri, Agie Vadhillah. *Analisis Interferensi Radio Penyiaran FM di Sekitar Bandar Udara Husein Sastranegara Terhadap Frekuensi Penerbangan*. 2017. Universitas Telkom