

RANCANG BANGUN SENSOR RADAR SENSE AND AVOID UAV UNTUK SMART SYSTEM TELETRANSPORT ALAT KESEHATAN

Agus Hendra Wahyudi*¹

¹Pusat Teknologi Dirgantara LAPAN
Email: ¹agus.hendra@lapan.go.id, ¹agus8hendra@gmail.com

*Penulis Korespondensi

(Naskah masuk: 29 November 2020, diterima untuk diterbitkan: 21 Juli 2021)

Abstrak

Perancangan sensor radar untuk *sense and avoid* (SAA) sistem pesawat tanpa awak (UAV) bertujuan agar operasi teletransport alat kesehatan dengan UAV VTOL berjalan dengan aman terhindar dari kecelakaan tabrakan di udara. Sensor radar ini didesain dengan bahan duroid 5880 dengan dielektrik konstant 2.2 dan ketebalan substrate 1.57 mm. Bentuk antenna circular dan bekerja di pita ku-band 14 Ghz. Terdapat dua sensor untuk Tx dan Rx dalam satu substrate. Hasil simulasi sensor menunjukkan bandwidth yang lebar 1.5 GHz sehingga mampu menghasilkan resolusi range sangat baik yaitu 9.2 cm. Penguatan antenna dihasilkan 7.32 dB dan sudut beamwidth sensor 83^o arah azimuth dan 78.2^o arah elevasi. Sensor ini akan disematkan pada sistem SAA dengan algoritma neural network yang mendrive manuever UAV VTOL berbelok kesamping pada sudut dan jarak yang tepat sehingga terhindar dari tabrakan dengan objek penghalang.

Kata kunci: Circular Patch antenna, Sense and avoid Radar Sensor, UAV, teletransport kesehatan, neural network.

SENSE AND AVOID UAV RADAR SENSOR DESIGN FOR SMART SYSTEM TELETRANSPORT MEDICAL DEVICES

Abstract

The design of the radar sensor for the sense and avoid (SAA) system of unmanned aircraft (UAV) aims to make teletransport operations of medical devices with UAV VTOL run safely avoiding collisions in the air. This radar sensor is designed with duroid 5880 material with a dielectric constant of 2.2 and a substrate thickness of 1.57 mm. The antenna is circular and works on the 14 Ghz ku-band band. There are two sensors for Tx and Rx in one substrate. The sensor simulation results show a wide bandwidth of 1.5 GHz so that it is able to produce a very good range resolution of 9.2 cm. The antenna gain was 7.32 dB and the beamwidth angle of the sensor was 83^o in the azimuth direction and 78.2^o in the elevation direction. This sensor will be embedded in the SAA system with a neural network algorithm that drives the UAV VTOL maneuver to turn sideways at the right angle and distance so that it avoids collisions with obstructions.

Keywords: Circular Patch antenna, Sense and avoid Radar Sensor, UAV, health teletransport, neural network.

1. PENDAHULUAN

Pesawat tanpa awak banyak digunakan untuk kepentingan kebutuhan manusia misalnya remote sensing, ekologi, pertanian dan kesehatan (Anggraeni et al., 2020; Venkata Subba Rao and Gorantla, 2019; Tetuko et al., 2017; Sokač et al., 2016; Garcia-Fernandez et al., 2018). Dalam perkembangannya transport UAV juga semakin dirasakan keperluannya di Indonesia karena akses jalan yang sulit atau adanya kemacetan lalu lintas darat. Namun keamanan transportasi dengan pesawat tanpa awak menjadi syarat penting agar

paket alat kesehatan yang akan disampaikan tepat pada waktunya dan terhindar dari kecelakaan saat diterbangkan diudara. Oleh karena itu pesawat ini harus dilengkapi dengan kemampuan dalam mendeteksi dan menghindari objek halangan sepanjang perjalanan menuju alamat tujuannya (*sense and avoid* (SAA) system) dan menjadi riset yang sangat penting (Zhahir, Razali and Mohd Ajir, 2016; Moore, 2019; Pham et al., 2015) .

Jenis UAV yang sesuai dengan keperluan teletransport kesehatan adalah vertika take off dan vertikal landing seperti quadrotor, ataupun fixed wing dengan kemampuan vtol (hybrida) . UAV Vtol

hibrida menggunakan engine bensin untuk mendorong maju uav dengan propulsinya sedangkan engine elektriknya untuk landing dan take off. UAV jenis ini sangat mudah untuk landing di atas rumahsakit atau puskesmas dengan landing pad yang dibuat khusus. Operator pilot pada masing-masing rumah sakit dan puskesmas sudah disiapkan terlebih dahulu untuk mengoperasikan teletransport. Walaupun begitu UAV vtol dilengkapi navigasi otomatis sesuai tujuan dan waypoint yang telah ditetapkan menggunakan GPS, IMU dan autopilot system.

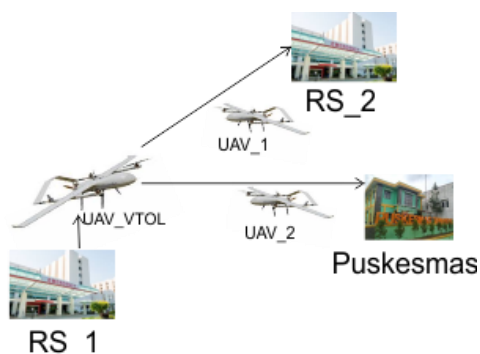
Operasi teletransport kesehatan dengan UAV ini bekerja tidak hanya pada siang hari, keperluan teletransport harus bisa menjangkau malam hari. Oleh karena itu kemampuan sistem menghindari dan mendeteksi objek halangan harus bisa dilakukan siang maupaun malam. Sensor radar SAA mampu bekerja mendeteksi objek halangan di malam hari maupun saat terdapat awan dan kabut karena gelombang elektromagnetik yang dipancarkan olehnya memiliki panjang gelombang yang mampu menembus awan/asap dan tidak tergantung pada cahaya matahari.

Setelah mampu mendeteksi halangan baik jarak maupun kecepatannya dengan dilengkapi algoritma cerdas neural network pesawat mampu membuat keputusan logika manuever pesawat yang tepat sehingga tabrakan dengan objek bisa dihindari. Misalnya manuever belok/bank kiri dengan sudut tertentu diikuti bank kanan dengan sudut tertentu agar trajektory terbang tetap menuju sasaran alamat tujuan.

Mengingat ruang dan dimensi muatan UAV yang terbatas maka desain sensor radar SAA dilakukan pada frekuensi tinggi (Ku band) sehingga bentuk sensor menjadi kecil. Bentuk sensor sendiri dibuat menggunakan microstrip patch sehingga lebih mudah dibuat, bentuknya ceper serta beratnya ringan bisa menyesuaikan dengan kondisi UAV.

2. PERANCANGAN SENSOR RADAR SAA

Teletransport alat kesehatan dari satu rumah sakit ke rumah sakit yang lain atau puskesmas menggunakan UAV digambarkan pada skema berikut.



Gambar 1. Teletransport Alat Kesehatan dengan UAV VTOL

Pada gambar 1, UAV VTOL membawa alat kesehatan misalnya kit test covid 19 dari rumah sakit ke puskesmas atau ke Rumah sakit lainnya. Kit alat kesehatan yang dibawa disimpan dalam tabung muatan di dalam body UAV dan mudah untuk diambil. Berikutnya UAV akan diterbangkan kembali dengan take off secara vertikal dari landing pad menuju home. Akan tetapi, kondisi perjalanan UAV VTOL bisa jadi ada halangan ditengah jalan oleh UAV lain yang melintas atau objek terbang lainnya misalnya UAV_1 atau UAV_2 pada gambar diatas. Objek halangan ini perlu dihindari oleh UAV VTOL sehingga tidak terjadi tabrakan dengan dilengkapi radar pendeteksi halangan dan kemampuan menghindari (Sense and Avoid System).

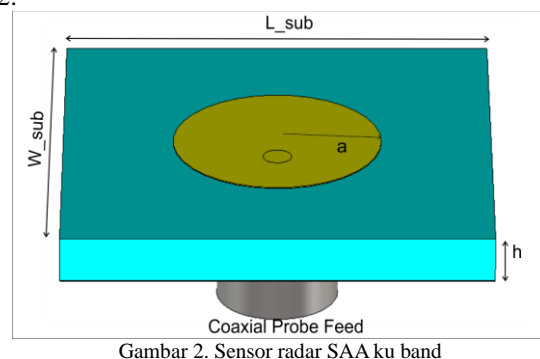
Sensor radar SAA UAV ini berfungsi untuk mendeteksi halangan di depan jalur penerbangan UAV. Setelah mendeteksi baik jarak dan kecepatan halangan, SAA dengan algoritma neural network mengambil langkah aksi menghindari berbelok ke samping pada waktu dan sudut yang tepat sehingga tidak terjadi tabrakan dan misi teletransport alat kesehatan menjadi berhasil dengan baik.

Sensor radar SAA ini berupa antenna microstrip patch berbentuk lingkaran yang bekerja di frekuensi ku band. Perancangan ini menggunakan bahan duroid 5880 dengan dielektrik konstant (ϵ_r) 2.2 ketebalan (h) 0.157 cm pada frekuensi resonansi (f_r) 14 Ghz. Dimensi antenna bisa ditentukan dari persamaan (1-2) berikut (Ballanis, 2016) :

$$F = \frac{8.791 \times 10^9}{f_r \sqrt{\epsilon_r}} \quad (1)$$

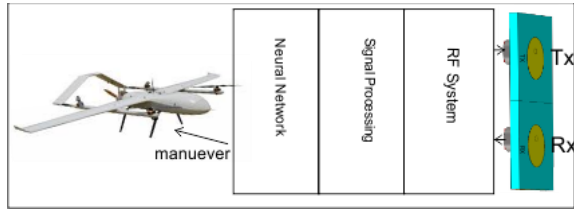
$$a = \frac{F}{\sqrt{1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r F} \left[\ln \left(\frac{\pi F}{2h} + 1.7726 \right) \right]}} \quad (2)$$

Dimensi jari-jari antenna (a) hasil perhitungan pada frekuensi resonansi 14 Ghz dengan substrate duroid sesuai persamaan diatas adalah 3.6502 mm. Hasil perancangan antenna ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Sensor radar SAA ku band

Pada gambar 2, lebar substrate dan panjangnya adalah sama sebesar 4 jari-jari circular patch. Feeding probe coaxial ditempatkan sehingga memiliki impedance matching 50 ohm sesuai input transmitter. Pada realisasinya nanti terdapat 2 antenna pada satu substrate untuk transmitter dan satu lagi sebagai receiver seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Sensor dan Sistem radar SAA di UAV VTOL

Pada gambar 3, transmitter antenna memancarkan sinyal elektromagnetik ke arah target depan UAV. Sinyal ini berupa sinyal dengan modulasi Frekuensi yang linear. Pantulan sinyal dari objek akan terhamburkan dan sebagian diterima kembali oleh antenna receiver. Sinyal ini akan mengalami penguatan, filtering dan demodulasi di bagian RF system. Pada bagian sinyal processing sinyal akan diterjemahkan menjadi informasi jarak objek dan kecepatannya. Selanjutnya neural network akan mengambil keputusan berdasarkan logika maneuver yang optimal sehingga menghindari tabrakan dengan objek.

3. HASIL SIMULASI DAN PEMBAHASAN

Selanjutnya desain antenna hasil perhitungan dibuat dengan menggunakan bahan substrate duroid 5880 adapun detil parameter dalam desain circular patch antenna ku band untuk radar SAA dipaparkan dalam tabel 1 berikut :

Tabel 1. Parameter Antenna Circular patch ku band radar SAA

Parameter	Nilai	symbol
Dielektrik konstant	2.2	ϵ_r
Tebal substrate	0.157 cm	h
Loss tangent	0.0009	$\tan \delta$
Jari-jari patch	0.36502 cm	a
Panjang substrate	2.92 cm	Lsub
Lebar substrate	1.46 cm	Wsub
Jarak antara Tx dan RX sensor	1.46 cm	

Bandwidth Sensor

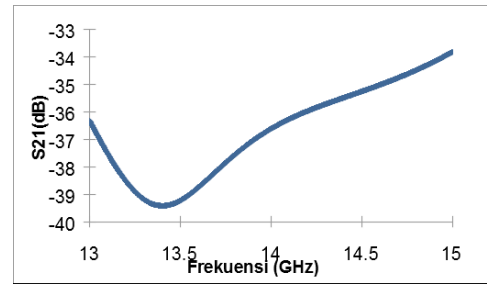
Bandwidth Sensor radar SAA didefinisikan berdasarkan kriteria $S_{11} < -10$ dB. Hasil simulasi sensor dari frekuensi 13 sampai 15 GHz ditunjukkan pada gambar 4.

Dari gambar S_{11} vs frekuensi antenna ini bisa bekerja dengan range frekuensi dari 13.222 GHz sampai 14.852 GHz. Dimana nilai fraksional bandwidthnya adalah 11.6 % dari frekuensi tengah. Jika bandwidth ini dipakai semua maka resolusi radar SAA bisa dihitung menggunakan persamaan 3 menjadi :

$$\delta = \frac{c}{2\beta} = \frac{30}{2 \times 1.63} = 9.2 \text{ cm} \quad (3)$$

Dengan resolusi 9.2 cm radar SAA bisa mendeteksi UAV lainnya hingga burung yang terbang yang menjadi ancaman terjadinya tabrakan di udara. Range resolusi sebesar ini lebih bagus

dibandingkan range resolusi requirement pada sensor SAA optik 20 meter (Forlenza, n.d.)

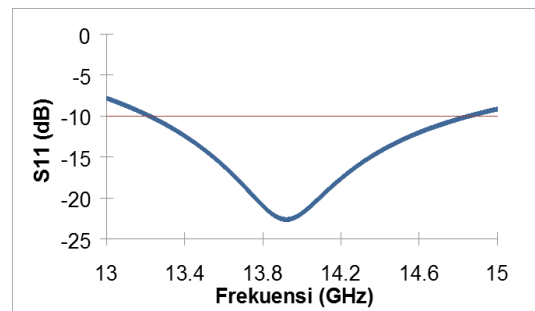


Gambar 4. Hasil Simulasi S21 vs Frekuensi

Interferensi TX RX

Antara Tx dan Rx dipisahkan dalam jarak 1.46 cm sebagaimana tabel 1. Daya pancar dari Tx tidak boleh masuk ke Rx sehingga tidak terjadi *false detection*. Hal ini bisa diketahui dengan hasil simulasi S parameter yaitu S_{21} dan S_{12} sebagaimana gambar 5 berikut :

Hasil simulasi antara S_{21} dan S_{12} nilainya sama dan berimpit sehingga pada gambar 5 ini hanya diwakili oleh S_{21} saja fungsi frekuensi. Jarak yang terlalu dekat dapat menimbulkan coupling antara satu antenna ke antenna yang lain sehingga menimbulkan interferensi gelombang elektromagnetik dimana hal ini bisa menimbulkan salah pengukuran jarak objek bahkan kerusakan pada alat RF system radar SAA.

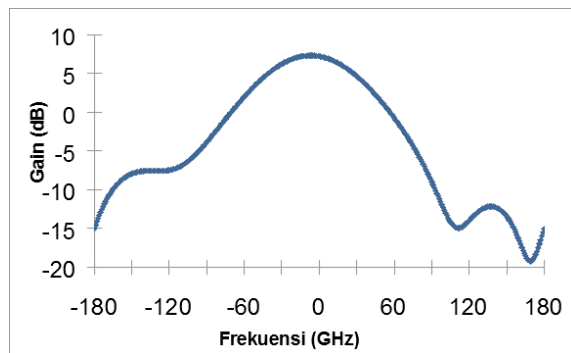


Gambar 5. Hasil Simulasi S21 vs Frekuensi

Tampak pada gambar 5 nilai S_{21} memiliki nilai dibawah -33 dB yang menunjukkan antara TX dan RX tidak terjadi *crosstalk* atau interferensi sehingga *false detection* antar dua antenna ini tidak akan terjadi walaupun dibuat dalam satu substrate dengan jarak 1.46 cm.

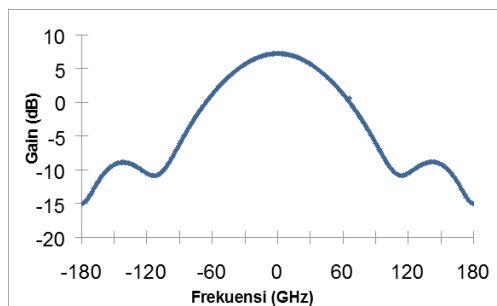
Pola Radiasi Sensor radar SAA

Pola radiasi dari sensor radar SAA memiliki main lobe dan sidelobe serta backlobe. Mainlobe pada 3dB atau power setengah akan digunakan dalam pendeteksian objek halangan. Hasil simulasi pola radiasi sensor pada frekuensi 14 GHz ditunjukkan pada gambar 6 berikut :



Gambar 6. Pola Radiasi Gain Antenna (H-plane) 14 GHz

Pada gambar 6 pola radiasi arah H-plane, memiliki sudut 3dB beamwidth sebesar 78.2° dengan sidelobe -14.9 dB. Pada pola radiasi antenna arah E-plane gambar 7, besar gain di 14 GHz adalah 7.32 dB. Sudut 3dB beamwidth sebesar 83° dan sidelobanya adalah -16 dB.



Gambar 7. Pola Radiasi Gain Antenna (E-plane) 14 GHz

KESIMPULAN

Sensor radar SAA didesain menggunakan circular patch antenna ku band. Sensor memiliki bandwidth 1.5 GHz menghasilkan resolusi range 9 cm cukup baik untuk mendeteksi objek penghalang UAV VTOL dalam melakukan misi di udara. Sudut beamwidth daya separuh digunakan oleh sensor dalam mendeteksi objek yaitu sebesar pada arah azimuth 83° dan pada arah elevasi 78.2° . Antara Tx dan Rx sensor dipisahkan dengan jarak 1.46 cm dalam satu substrate dan memiliki nilai isolasi yang cukup baik yaitu dibawah -33 dB. Penguatan sensor pada frekuensi ku band 14 GHz adalah sebesar 7.32 dB. Sensor ini akan digunakan pada sistem radar SAA dalam mendeteksi objek penghalang baik jarak maupun kecepatannya, kemudian dengan neural network kendali system UAV VTOL bermanuever berbelok kesamping pada sudut dan waktu jarak yang tepat untuk menghindari tabrakan dengan objek lain didepannya.

DAFTAR PUSTAKA

ANGGRAENI, S., dkk, 2020. The Deployment of Drones in Sending Drugs and Patient Blood Samples COVID-19. *Indonesian Journal of Science & Technology*, 5(2), pp.193–200.

- BALLANIS, C.A., 2016. Antenna Theory, Analysis and Design. John Wiley and Son, New York.
- FORLENZA, I.L., n.d. *Vision based strategies for implementing Sense and Avoid capabilities onboard Unmanned Aerial Systems*. UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI "FEDERICO II".
- GARCIA-FERNANDEZ, M., dkk., 2018. UAV-mounted GPR for NDT applications. 2018 15th European Radar Conference, EuRAD 2018, pp.2–5.
- MOORE, E., 2019. Radar Detection, Tracking and Identification for UAV Sense and Avoid Applications. *Electronic Theses and Dissertations*. [online] Available at: <<https://digitalcommons.du.edu/etd/1544>>.
- PHAM, H., dkk, 2015. A survey on unmanned aerial vehicle collision avoidance systems. [online] (1). Available at: <<http://arxiv.org/abs/1508.07723>>.
- SOKAČ, M., dkk, S., 2016. UAV application in ecology: Data collecting with quad-copter equipped with Arduino based measurement platform. *Proceedings Elmar - International Symposium Electronics in Marine*, 2016-Novem(September), pp.233–236.
- TETUKO, J., dkk., 2017. Development of circularly polarized synthetic aperture radar on-board UAV JX-1. *International Journal of Remote Sensing*, [online] 38(8–10), pp.2745–2756. Available at: <<http://dx.doi.org/10.1080/01431161.2016.1275057>>.
- VENKATA SUBBA RAO, P. & GORANTLA, S.R., 2019. Design and Modelling of anAffordable UAV Based Pesticide Sprayer in Agriculture Applications. *5th International Conference on Electrical Energy Systems, ICEES 2019*, 360(February), pp.1–4.
- Ballanis, C.A. (2016) Antenna Theory, Analysis and Design. John Wiley and Son, New York.
- ZHAHIR, A., RAZALI, A. & MOHD AJIR, M.R., 2016. Current development of UAV sense and avoid system. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 152(1).