

Sistem Komunikasi Kendaraan Tanpa Awak

1st M. Raihan Fadila S
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia
raihan_fadila@yahoo.com

2nd Bara Satya Kottama
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia
barasatyakottama@gmail.com

3rd Alfian Difaldy
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia
alfandifaldy@student.telkomuniversity

Perkembangan teknologi kendaraan tanpa awak (UGV) membuka peluang besar dalam operasional di medan berbahaya atau minim akses manusia. Namun, kendala sinyal sering terjadi akibat hambatan fisik dan kondisi geografis yang kompleks. Untuk mengatasi masalah ini, dikembangkan sistem komunikasi UGV berbasis internet yang dilengkapi dengan kontrol manual menggunakan radio cadangan dan antena mikrostrip array. Sistem utama dikendalikan oleh Nvidia JETSON untuk mengelola transmisi data daring. Jika koneksi internet terputus, pengendalian dapat dialihkan ke jalur radio secara manual. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu mempertahankan transmisi data dan kontrol kendaraan dengan stabil melalui internet, serta tetap dapat beroperasi manual saat koneksi terputus. Pengukuran antena menunjukkan VSWR 1,43, return loss -14,72 dB, dan gain 10,251 dBi. Sistem ini dapat beroperasi pada jarak 346 meter dalam kondisi Line of Sight (LOS) dengan satu antena dan 464 meter dengan dua antena. Pada kondisi non-LOS, jangkauan maksimal adalah 213,73 meter dengan satu antena dan 241,86 meter dengan dua antena. Sistem ini layak diterapkan pada UGV yang membutuhkan ketahanan komunikasi di berbagai kondisi lingkungan.

Kata kunci— auxiliary radio, kendaraan tanpa awak (UGV), LOS, non-LOS, sistem komunikasi, video real-time

I. PENDAHULUAN

INACOS Laboratory mengembangkan Unmanned Ground Vehicle (UGV), kendaraan tanpa awak yang dapat dikendalikan secara manual maupun otomatis. UGV digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti transportasi, logistik industri, operasi Search and Rescue (SAR), serta militer, termasuk pengawasan dan pertempuran, terutama di kondisi yang tidak memungkinkan manusia turun tangan langsung. Kendaraan ini dapat mengirimkan video melalui sistem komunikasi untuk mengetahui situasi, serta menggerakkan kendaraan pada jarak jauh melalui sistem kontrol berbasis internet. Namun, masalah utama yang dihadapi adalah ketidakstabilan sinyal di lingkungan kompleks, seperti area dengan bangunan, vegetasi, atau medan bergelombang, yang mengakibatkan gangguan komunikasi, seperti signal fading atau pemutusan koneksi. Selain itu, transmisi data berkecepatan tinggi, seperti video real-time dan data sensor, memerlukan bandwidth besar untuk mendukung pengambilan keputusan cepat. Jaringan komunikasi yang tersedia sering kali terbatas dalam hal

kapasitas dan jangkauan, menyulitkan komunikasi pada jarak jauh, terutama di area terpencil dengan infrastruktur telekomunikasi terbatas. Untuk mengatasi kendala tersebut, sistem komunikasi pada UGV harus dirancang untuk menghadapi masalah lingkungan, bandwidth, jangkauan, dan ketahanan terhadap gangguan. Sistem ini mengandalkan dua jalur komunikasi: satu berbasis internet dan satu lagi menggunakan auxiliary radio untuk kontrol manual ketika internet tidak tersedia, meskipun tanpa kemampuan transmisi video real-time. Dengan demikian, UGV tetap dapat dikendalikan dengan stabil di berbagai kondisi lingkungan yang menantang.]

II. KAJIAN TEORI.

A. Antena Mikrostrip

mikrostrip mulai berkembang pesat berkat ketersediaan bahan substrat dengan kualitas yang lebih baik. Bahan-bahan ini memiliki keuntungan seperti nilai loss tangent rendah, kemampuan penyerapan panas yang baik, dan sifat material yang mendukung, serta kemajuan dalam teknik fotolitografi. Antena mikrostrip terdiri dari tiga bagian utama: substrat dielektrik, patch, dan groundplane. Umumnya, patch antena terbuat dari bahan konduktif seperti tembaga atau emas dan memiliki berbagai bentuk, meskipun bentuk reguler seperti persegi panjang dan lingkaran sering digunakan untuk menyederhanakan analisis dan prediksi kinerja antena. Antena mikrostrip biasanya diproduksi pada papan substrat dengan ketebalan yang hampir mencapai 0,05 panjang gelombang untuk mencapai performa yang optimal.

B. ELRS

Express Long Range System (ELRS) merupakan teknologi komunikasi nirkabel yang dirancang untuk komunikasi data jarak jauh dengan konsumsi daya yang sangat rendah. Modul ini memiliki keunggulan dalam visibilitas langsung dan jangkauan jarak jauh untuk komunikasi nirkabel, maka dari itu pemilihan modul komunikasi nirkabel ini cocok untuk sistem komunikasi UGV. Sistem komunikasi pada UGV yang sedang dirancang juga membutuhkan teknologi komunikasi nirkabel yang andal namun hemat daya.

III. METODE

Memberikan gambaran rancangan penelitian yang meliputi prosedur atau langkah-langkah penelitian, waktu penelitian, sumber data, cara perolehan data dan menjelaskan metode yang akan digunakan dalam penelitian [10 pts].

A. Sistem ELRS Receiver

ELRS (Express Long Range System) Receiver diintegrasikan dengan sistem utama, melalui empat pin yang dimiliki, mengatur beberapa fungsi yaitu dua pin sebagai transmitter dan receiver, dan dua pin terakhir sebagai catu daya serta ground. Sebelum diintegrasikan dengan sistem utama, modul ELRS membutuhkan pembaruan firmware untuk proses penghubungan dengan auxiliary radio yang digunakan.

B. Antena Mikrostrip Array

Pada penelitian ini, frekuensi yang digunakan adalah 2,4 GHz. Proses desain antena ini mencakup beberapa tahap, antara lain: menentukan frekuensi operasional antena, memilih spesifikasi *substrat* yang sesuai, menentukan lebar pencatu, merancang geometri *patch* antena, menghitung dimensi *patch* antena agar sesuai dengan dimensi yang tersedia di UGV, dan menentukan posisi pencatu.

$$A_e = \sqrt{\frac{W_R}{W_T}} (\lambda^2 x r^2) \quad (1)$$

Persamaan ini nantinya akan digunakan untuk mencari Aperture antena yang nantinya akan dipakai pada rumus gain. Berikut merupakan rumus Gain antena

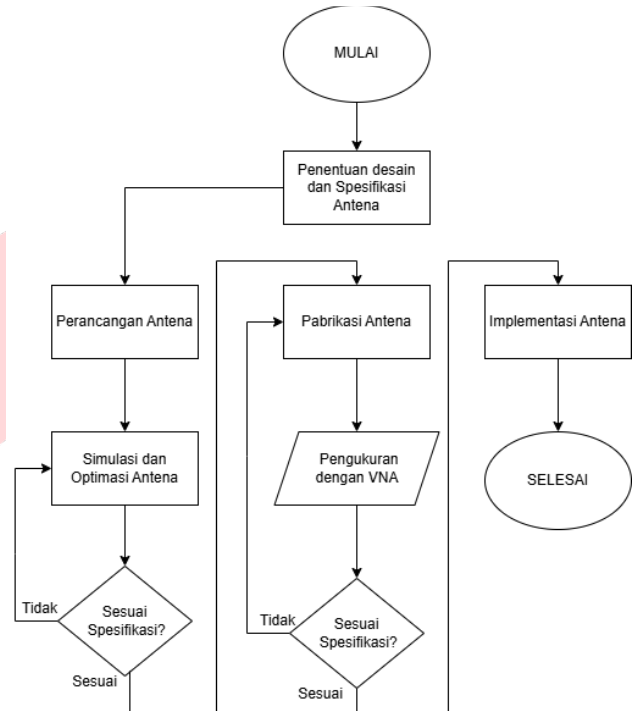
$$G = \frac{4\pi}{\lambda^2} A_e \quad (2)$$

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian antena mikrostrip dimulai dengan penentuan desain dan spesifikasi, yang mengikuti bentuk badan kendaraan tanpa awak, dimensi kendaraan, kebutuhan, dan target yang ingin dicapai, serta jenis antena yang cocok untuk aplikasi tersebut. Pada tahap ini, desain dan spesifikasi antena ditentukan sesuai dengan kriteria tersebut. Selanjutnya, perancangan antena dilakukan menggunakan Software CST Studio Suite 2019, di mana berbagai ukuran dan dimensi antena yang telah ditentukan sebelumnya diterapkan. Setelah perancangan selesai, dilakukan tahapan simulasi dan optimasi antena, yang dilakukan secara berkelanjutan hingga antena memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan pada tahap desain. Setelah optimasi selesai, antena dipabrikasi menggunakan bahan FR4 Epoxy sebagai substrat. Pabrikasi ini menghasilkan tiga antena lengkap dengan elemen parasit masing-masing. Proses pabrikasi berlangsung selama kurang lebih tiga hari. Pada tahap selanjutnya, antena yang telah dipabrikasi diuji menggunakan Vector Network Analyzer (VNA) pada frekuensi 2.4 GHz. Pengukuran dilakukan untuk parameter seperti VSWR dan return loss. Jika ada parameter yang tidak memenuhi spesifikasi, antena akan diproses ulang untuk memastikan nilai-nilai parameter sesuai dengan yang diinginkan.

A. Diagram perancangan Antena Mikrostrip Array

Gambar Diagram perancangan Antena Mikrostrip Array. Pengujian Antena Mikrostrip Array yang akan dilakukan menggunakan cara yang berbeda-beda, hal tersebut dikarenakan antena ini nantinya akan diimplementasikan secara langsung pada kendaraan tanpa awak (UGV) dengan beberapa kondisi yang nantinya berbeda juga.



GAMBAR 1

Diagram perancangan Antena Mikrostrip Array

B. Tabel

Berikut adalah tabel perbandingan hasil dari pengujian semua konfigurasi dan kondisi.

TABEL 1
(HASIL PENGUJIAN SISTEM KOMUNIKASI ELRS)

	Jarak LOS	Jarak non-LOS	RSSI LOS	RSSI non-LOS
1 Antena	346	213,73	-83,2	-83,2
2 Antena	464	241,86	-83,2	-83,2

TABEL 2
(RINCIAN NILAI KARAKTERISTIK PERBANDINGAN)

Parameter	Spesifikasi Awal	Simulasi Software (CST Studio)	Pasca Pabrikasi	Keterangan
VSWR	$1 \leq \text{VSWR} \leq 2$	1.23	1.12	Memenuhi kriteria
Return Loss (dB)	≤ -10	-19.6	-24.71	Memenuhi kriteria
Gain (dBi)	≥ 7	10.6	10.251	Memenuhi kriteria
Frequency Match (GHz)	2.4 - 2.49	2.4	2.44	Memenuhi kriteria

V. KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil pengujian Capstone Design ini menunjukkan bahwa penggunaan sistem komunikasi ELRS (Express Long Range System) yang bersifat open-source dapat mendukung kebutuhan komunikasi pada kendaraan tanpa awak (UGV) dengan sangat baik, terutama dalam kondisi lapangan yang kompleks. Dengan perancangan dan integrasi antena mikrostrip array, sistem ini berhasil meningkatkan performa jangkauan sinyal dan kestabilan komunikasi.

Pengembangan sistem dilakukan dengan memfokuskan pada sisi antena dan pemanfaatan ELRS sebagai protokol komunikasi cadangan ketika jaringan utama tidak tersedia. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dengan dua antena mikrostrip array mampu mencapai jarak komunikasi hingga 464 meter dalam kondisi Line of Sight (LOS), dan tetap mempertahankan kualitas sinyal dalam lingkungan non-Line of Sight (non-LOS) dengan jarak optimal 241,8 meter meskipun penuh dengan hambatan fisik.

Perancangan dan implementasi Antena Mikrostrip Array 8 Elemen pada frekuensi 2.4 GHz berhasil direalisasikan dengan baik. Meskipun demikian, antena masih memerlukan optimasi pada beberapa parameter, khususnya pada Return Loss. Namun, antena berhasil memenuhi parameter-parameter dari spesifikasi awal, seperti Return Loss -24,71, VSWR 1,12, dan gain 10,251, yang tidak lepas dari keberhasilan desain antena Mikrostrip Array 8 Elemen dengan 1 elemen parasitik.

Desain sistem yang dilakukan pada Capstone Design ini berhasil mengakomodasi kebutuhan komunikasi jarak jauh yang andal. Implementasi sistem mampu berfungsi dengan efisien tanpa mengganggu sistem utama, serta mudah dirawat dan dikalibrasi ulang. Antena mikrostrip array juga dapat dirancang dengan mempertimbangkan aspek estetika tanpa mengurangi kinerjanya, menjadikannya solusi praktis dan fungsional dalam pengembangan teknologi komunikasi untuk kendaraan tanpa awak.

REFERENSI

● Book

B. Constantine A, *Antenna Theory Analysis and Design* Fourth Edition, Canada: John Wiley & Sons, 2016.

R. Anwar and D. A. Nurmantris, *Teknik Antena dan Propagasi*, Bandung, Indonesia: Fakultas Ilmu Terapan, 2018.

E D. Fang, *Antenna Theory and Microstrip Antennas*, Nanjing: CRC Press, 2010.

● Journal

D. Prabhu, D. Rajalingam, K. Rao and U. Sasikala, "Design of Rectangular Microstrip Patch Antenna with High Gain for Ku Band," *International Journal of Applied Engineering Research*, vol. 10, no. 75, pp. 212-215, 2015.

Y. S. H. Khraisat, "Design of 4 Elements Rectangular Microstrip Patch Antenna with," *Modern Applied Science*, vol. 6, no. 1, pp. 68-74, 2012.

A. V, T. S and V. Kumar K, "Design and Analysis of Microstrip Patch Antenna for 2,4 GHz ISM Band and WLAN Application," in *International Conference on Electronics and Communication System (ICECS)* 2015, India, 2015.

K. Bi, L. Wang, S. Gao, J. Yu, W. Zhu and W. Zhifang, "Design of 2.45GHz High-Gain Antenna that Based on Air-ground Ad-hoc Network," Beijing, China: *International Symposium and Mechatronics and Industrial Informatics (ISMII)*, x2021