

KOMUNIKASI 2 ARAH SISTEM PENGENDALI DARAT UNTUK WAHANA NIR AWAK BERKECEPATAN TINGGI

2 WAY COMMUNICATION (HALF DUPLEX) OF GROUND CONTROL SYSTEM (GCS) FOR HIGH SPEED UAV

Herma Yudhi Irwanto
Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional, Pusat Teknologi Roket
herma.yudhi@lapan.go.id

Abstrak

Komunikasi data searah yang selama ini diterapkan pada setiap pengujian roket dan wahana nir awak berkecepatan tinggi LAPAN, sudah harus ditindaklanjuti dengan komunikasi 2 arah untuk keperluan pengaturan parameter dan untuk lebih meningkatkan keamanan sebelum dan saat uji terbang. Telah dikembangkan sistem *half duplex* untuk komunikasi data 2 arah antara sistem kendali terbang dan sistem kendali darat yang memudahkan dalam pengaturan dan diterimanya informasi terkait dengan parameter-parameter yang telah diprogramkan dalam sistem kendali terbang tersebut. Metoda komunikasi 2 arah ini tetap mempertahankan kuantitas data, dengan melakukan pengiriman data-data kondisi terbang dan posisi wahana minimal dalam 20 Hz, dan masih mungkin untuk ditingkatkan lebih lanjut. Metoda ini juga telah di ujicobakan secara langsung dengan menggunakan wahana terbang FPV-2600 dan sistem kendali darat yang secara khusus dikembangkan untuk ini.
Kata kunci : komunikasi 2 arah, sistem kendali terbang, sistem kendali darat

Abstract

One way data communications that have been applied to every LAPAN's rocket and high speed UAV flight test, it has to be followed up with 2 way communication for setting purposes and to further improve safety before and during flight test. Through this research, the development of half duplex system for data communication between onboard system and ground control system (GCS), which makes it easy in settings and the receipt of information related to parameters and way points that have been programmed in the onboard system. This 2 way communication method still maintains the quantity of data, by sending attitude and position data of the vehicle at least in 20 Hz, and still possible to be improved further. This method has also been tested in real module, using FPV-2600 aircraft model and ground control system that is specifically developed for this.
Keywords : half duplex communication, onboard system, ground control system

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Pusat Teknologi Roket, LAPAN, diamanahi untuk mengembangkan seluruh kegiatan yang terkait dengan teknologi peroketan, dari teknologi pembuatan propelan, teknologi material dan struktur, teknologi propulsi sampai teknologi muatan yang dilengkapi dengan sistem kendali daratnya untuk mendukung pengembangan Roket Peluncur Satelit (RPS) seperti yang menjadi cita-cita LAPAN dan tercantum dalam program jangka panjangnya.

Tetapi untuk mewujudkan secara nyata RPS tersebut, hampir tidak ada negara yang mau mengajarkannya, karena roket bisa diproduksi untuk tujuan sipil atau militer. Teknologi peroketan yang strategis dan rahasia ini, mau tidak mau harus banyak diupayakan untuk dikembangkan sendiri, dengan melakukan berbagai pengujian dan tidak tergantung pada negara lain. Oleh karenanya, penguasaan teknologi peroketan ini menjadi salah satu yang harus diwujudkan sebagai sarana menuju kemandirian nasional.

Sejak tahun 2013, pengembangan teknologi kendali sebagai salah satu pilar dari teknologi peroketan tersebut sedikit mengalami pergeseran pada wahana ujinya, yaitu menggunakan wahana nir awak berkecepatan tinggi. Sebelumnya telah banyak diupayakan untuk penguasaan sistem kendali roket kaliber 100 dan 200 mm, sejak tahun 2013 pengembangan sistem kendali tersebut diarahkan untuk

menggunakan wahana berkecepatan rendah (*low speed subsonic*) sekitar 200 – 300 km/h agar lebih memudahkan penguasaan sistem kontrolnya, daripada menggunakan wahana roket kaliber 200 mm yang mempunyai kecepatan jelajah sampai 600 – 700 km/h.

Pengembangan onboard sistem kendali harus diikuti dengan pengembangan sistem kendali darat / *ground control system* (GCS) [1][2][3] nya. Untuk penerimaan data peluncuran roket selama ini, karena waktu terbang roket yang sangat pendek dan adanya perintah ‘secara politis’ saat itu untuk tidak menampilkan data visual secara instan, melainkan hanya disimpan, dan dianalisa setelah peluncuran selesai. Pengiriman data ini sifatnya hanya searah, yakni dari sistem kendali terbang yang berada di dalam wahana terbang tersebut ke sistem kendali daratnya. Dan cara tersebut terus berjalan sampai tahun 2015, tanpa ada kemajuan. Dengan adanya pengembangan wahana nir awak berkecepatan tinggi ini membuka peluang, dan sudah harus mulai dipikirkan cara komunikasi data yang lebih baik, yakni pengiriman data 2 arah (*half/full duplex communication*).

Bukan tidak mungkin untuk menggunakan sistem kendali darat yang telah tersedia di pasaran misalnya paket sistem kendali terbang dan sistem kendali darat yang disediakan oleh ArduPilot [4][5], tetapi sebagai persiapan jangka panjang, bahwa GCS tersebut akan digunakan untuk pengembangan teknologi peroketan haruslah bersifat aman, karena RPS adalah untuk kepentingan nasional. Sehingga sistem komunikasi data ini harus diawali dengan pengembangan GCS sendiri dengan *protocol* khusus.

1.2. Permasalahan

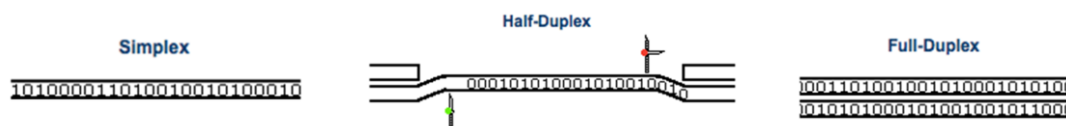
Saat ini penerimaan data dalam uji terbang roket, lebih difokuskan pada banyaknya jumlah data yang diterima daripada kualitas data. Hal itu dilakukan karena waktu terbang roket yang sangat pendek, memerlukan sebanyak-banyaknya data yang didapat untuk dianalisa. Jika dilakukan identifikasi data menggunakan *checksum* sebagai bukti terhadap kualitas datanya, maka hal itu dikhawatirkan akan mengurangi jumlah data yang diterima.

Pengembangan wahana nir awak berkecepatan tinggi sebagai batu loncatan dalam penguasaan sistem kendali roket, menjadi awal untuk memindahkan data yang berbasis jumlah menjadi kualitas. Dan bahkan harus ada komunikasi 2 arah yang memungkinkan perubahan-perubahan parameter saat wahana sebelum terbang maupun saat terbang. Hal inilah yang menjadi fokus riset kali ini, dalam rangka peningkatan kinerja telemetri data antara sistem kendali terbang dan sistem kendali darat.

1.3. Komunikasi 2 arah

Kondisi terbang wahana hanya dapat di-*monitoring* melalui GCS, melalui radio telemetri yang dipasang di kedua belah pihak. Hal yang sangat berpengaruh dalam komunikasi antara sistem kendali terbang dan GCS adalah pola komunikasi dan *protocol* yang diterapkan dalam komunikasi tersebut. Dalam riset kali ini, hanya akan membahas secara khusus tentang pola komunikasinya, yakni komunikasi 2 arah.

Komunikasi antar 2 perangkat yang terpisah (secara *wireless*) dapat memanfaatkan model *serial communication*, yang merupakan salah satu model komunikasi yang *robust* dan telah lama digunakan. Ada 3 jenis cara serial komunikasi yang sudah sangat lazim digunakan (gambar 1) [6], pertama adalah *simplex*, yaitu komunikasi 1 arah. Metoda ini telah digunakan selama ini dalam pengujian roket. Dengan alasan ingin mendapatkan data sebanyak-banyaknya untuk analisis 1 arah dari sistem kendali terbang ke GCS. Bahkan tidak menerapkan *checksum* untuk filter kualitas datanya, karena sangat singkatnya waktu terbang roket.



Gambar 1. Cara komunikasi antar 2 perangkat

Cara kedua adalah serial komunikasi *half duplex*. Adalah cara berkomunikasi data 2 arah dengan melakukan pengaturan pada pengiriman datanya. Sistem kendali terbang akan mengirimkan data setelah mendapatkan ijin dari GCS. Cara kedua inilah yang memungkinkan untuk komunikasi *wireless* jarak jauh dan akan di uji cobakan dalam riset ini. Sedangkan cara ketiga adalah serial komunikasi *full duplex*. Metoda ini sangat bagus untuk komunikasi 2 arah berkecepatan tinggi, dengan sarana yang diyakini baik

untuk itu. Metoda *full duplex* ini telah dilakukan saat pengembangan *hardware in the loop simulation* (HILS) sistem *auto take off* dan *auto pilot* [7] dengan komunikasi data sejenis menggunakan *user datagram protocol* (UDP).

2. MAKSUD DAN TUJUAN

Sistem kendali darat atau *ground control system* (GCS) adalah gerbang komunikasi untuk mengetahui status dan kondisi wahana sebelum maupun saat terbang. Data-data dari GCS tersebut dapat dijadikan monitor secara langsung maupun analisis untuk meningkatkan kinerja wahana di masa selanjutnya. Wahana terbang seperti roket maupun wahana nir awak berkecepatan tinggi termasuk wahana berbiaya tinggi dan mempunyai waktu terbang yang pendek, maka diperlukan sarana pengujian yang dapat berkomunikasi 2 arah untuk memastikan kondisi terbang wahana maupun pengaturan-pengaturan parameter yang diperlukan sebelum maupun saat terbang.

Pengembangan komunikasi 2 arah GCS ini dilakukan untuk tujuan :

- Pengaturan parameter sebelum terbang dan pengaturan ‘sesaat’ pada waktu terbang. Yaitu pengaturan parameter antena, komunikasi antara wahana dan GCS, *trimming* posisi *Inertial Measurement Unit* (IMU), aktuator dan lain-lain. Juga dimungkinkan untuk melakukan perubahan beberapa parameter saat terbang, yaitu target *way points*, *gain* PID dan lain-lain.
- Pengembangan *protocol* standar untuk riset yang terkait dengan roket maupun wahana nir awak berkecepatan tinggi
- Mendukung tujuan jangka panjang, yakni pengembangan roket peluncur satelit (RPS)

3. METODOLOGI

Pengembangan metoda komunikasi 2 arah ini merupakan 1 bagian dari project besar pengembangan sistem kendali mandiri untuk wahana nir awak berkecepatan tinggi. *Hardware in the loop simulation* masih dipergunakan sebagai step dalam pengujian-pengujian antar muka onboard system dan GCS. Dalam pelaksanaan pengujiaannya, uji coba komunikasi 2 arah ini dilakukan :

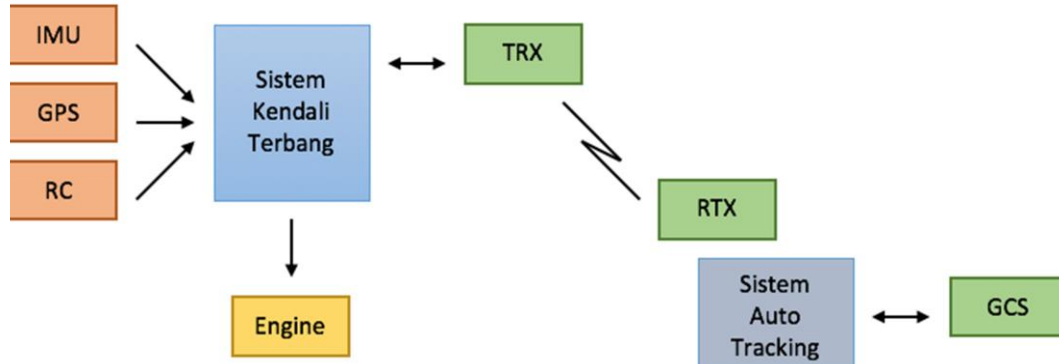
- Memanfaatkan *integrated simulation system* (ISS) yang dikembangkan untuk memastikan bahwa sistem kendali terbang berfungsi sebagai sistem *auto take off* dan *auto pilot by way points*.
- Memastikan sistem kendali terbang berfungsi sebagai sistem kendali mandiri.
- Melakukan komunikasi 2 arah menggunakan sistem telemetri yang dipakai.

4. IMPLEMENTASI SISTEM

Pengembangan sebuah sistem kontrol wahana terbang, haruslah lengkap dengan segala persiapannya sejak *take off*, *flying* dan *landing*. Kesemuanya harus termonitor di GCS. Beberapa sarana ditambahkan, juga ada beberapa perubahan tampilan dilakukan terhadap GCS yang dikembangkan sebelumnya.

4.1. Blok diagram pengembangan

Gambar 2 di bawah menunjukkan blok diagram sistem secara keseluruhan. Tergambar interaksi masukan dan keluaran yang ada di sistem kendali terbang dan penambahan sarana pengaturan sistem *auto tracking antenna* pada GCS. Sistem sebelumnya hanya berupa pengiriman data dari TRX ke RTX dan dibaca / dimonitor sepenuhnya seluruh kondisi terbang dan posisi wahana melalui GCS. Tetapi dalam riset ini, diinginkan GCS juga dapat meng-*interrupt streaming* data tersebut untuk kebutuhan setting wahana sebelum terbang maupun saat terbang.



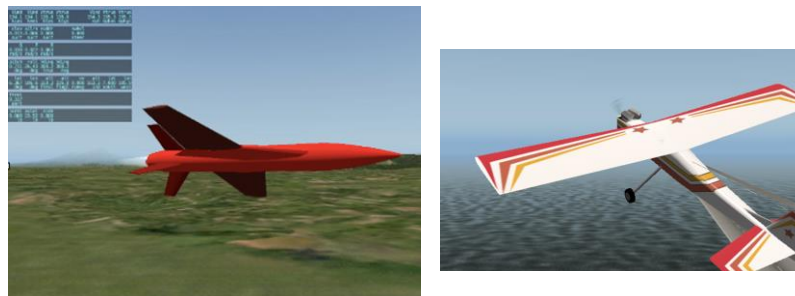
Gambar 2. Blok diagram sistem

4.2. Step pengembangan

4.2.1. Menggabungkan GCS dan *Integrated Simulation System (ISS)* dengan UDP

Sebelumnya telah dikembangkan ISS [8] yang terdiri atas 3 jenis komputer, yakni *dynamic computer*, *monitoring computer* dan *controller computer*. Sistem yang sudah siap diikutkan dalam ISS ini haruslah dipastikan bahwa sistem tersebut dapat dikendalikan secara manual menggunakan *remote control* maupun *auto take off* dan dilanjutkan dengan sistem *auto pilot* nya. Dalam tahapan ini, seluruh data kondisi terbang dan posisi wahana diberikan oleh XPlane *flight simulator* melalui UDP.

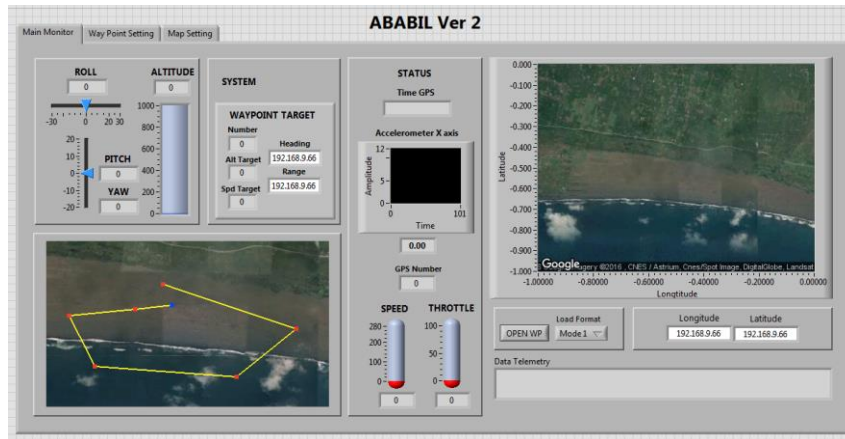
Penekanan untuk tahap ini adalah bahwa seluruh sistem kendali tetap berfungsi baik meskipun dilakukan perpindahan moda antara kondisi manual dan *auto* oleh *remote control*. Telah diuji-cobakan secara simulasi menggunakan wahana RKX-200TJ dan *aeromodelling trainer* PT-60. Pengujian dilakukan dengan melakukan perpindahan moda sesaat setelah *take off* (dari manual ke *auto*) untuk RKX-200TJ yang terbang menggunakan *booster* maupun *take off* standar di landasan terbang untuk PT-60 (Gambar 3). Pengujian ini berhasil dengan baik, dengan ditunjukkannya kedua wahana tersebut langsung menuju *way points* yang telah ditentukan setelah perpindahan moda ke *auto*.



Gambar 3. Simulasi perpindahan moda

4.2.2. Uji komunikasi searah

Hal lain yang harus dipastikan dalam simulasi ini adalah termonitornya seluruh kondisi terbang dan posisi wahana selama terbang menggunakan GCS yang terhubung menggunakan UDP ataupun GCS sesungguhnya yang dilengkapi dengan radio telemetri, seperti yang ditunjukkan pada GCS Gambar 4. Dengan tampilan GCS yang *user friendly*, secara langsung dapat dimonitor kondisi terbang wahana, koordinat posisinya yang terpetakan pada peta *google* beserta informasi-informasi lainnya. Tahapan ini memastikan bahwa seluruh data dapat diterima oleh GCS dan ditampilkan dengan baik, meskipun pengiriman datanya hanya 1 arah, yakni dari wahana terbang ke GCS.



Gambar 4. Ababil GCS

4.2.3. Uji komunikasi 2 arah

Tahap berikutnya adalah merubah komunikasi 1 arah menjadi komunikasi 2 arah. Seperti yang diutarakan dalam teori komunikasi di atas, untuk kondisi menggunakan radio telemetry, yang cenderung banyak gangguan pada kualitas data selama pengirimannya, maka untuk ini diputuskan menggunakan *half duplex* untuk komunikasi datanya. Dan pengujian hal tersebut menggunakan wahana FPV-2600 [9] seperti yang tampak pada Gambar 5, dan modul atau komponen yang digunakan dalam riset ini adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Daftar modul pengujian

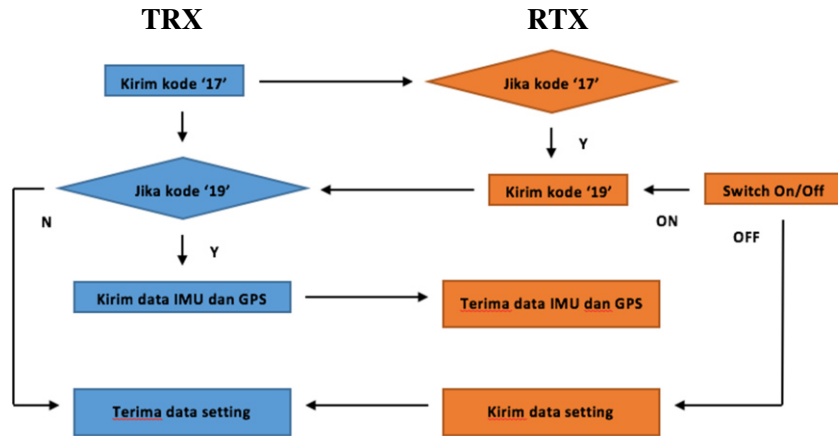
No	Fungsi	Modul
1	Wahana (termasuk aktuator dan motor)	FPV-2600
2	Sistem Kendali Terbang	NI MyRIO
3	IMU	3DM-GX3-25
4	GPS	GY-GPS6MV2
5	Penerima Remote Control (RC)	Futaba R3008SB
6	Radio Telemetry	XTend 900 MHz
7	Sumber Tegangan	LiPo 14.8V 5000mAH



Gambar 5. Modul uji

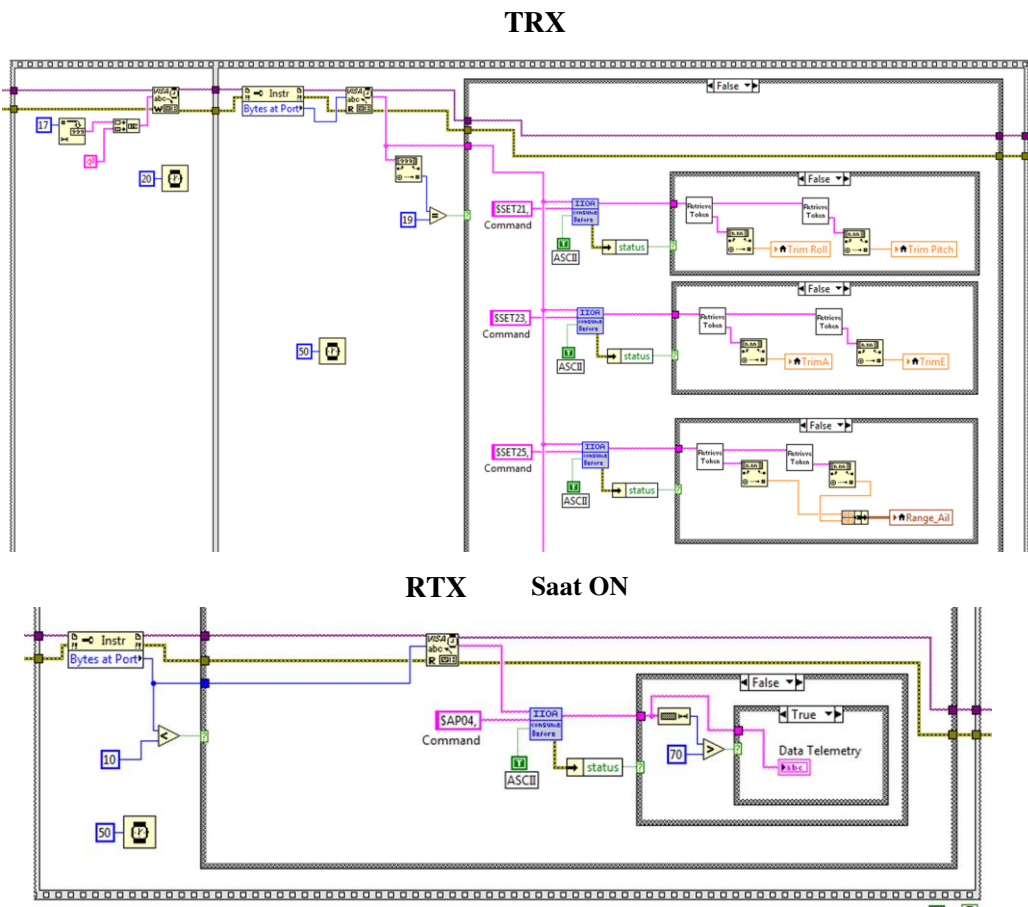
Data IMU dan GPS yang sebelumnya didapat dari *flight simulator* XPlane, saat ini dipindahkan ke modul sesungguhnya. Sehingga seluruh data dan komunikasinya adalah siap untuk pengujian sesungguhnya. Begitu pula dengan *radio telemetry* yang dipakai dalam uji coba komunikasi 2 arah ini, dilengkapi dengan TRX yang terkoneksi pada sistem kendali terbang dan RTX yang ada di sistem kendali darat. Dan komunikasi ini hanya memanfaatkan 2 kaki TX dan RX saja dari masing-masing modul serial nya.

Komunikasi *half duplex*, menghendaki adanya kepastian terhadap buka dan ditutupnya pengiriman data antara TRX dan RTX. Artinya pengaturan waktu dan ijin pengiriman data harus ditentukan agar tidak saling tabrak antara pengiriman dan penerimaan data. Aturan tersebut digambarkan pada *flow chart* Gambar 6 dan Labview programming [10][11] Gambar 7 di bawah.

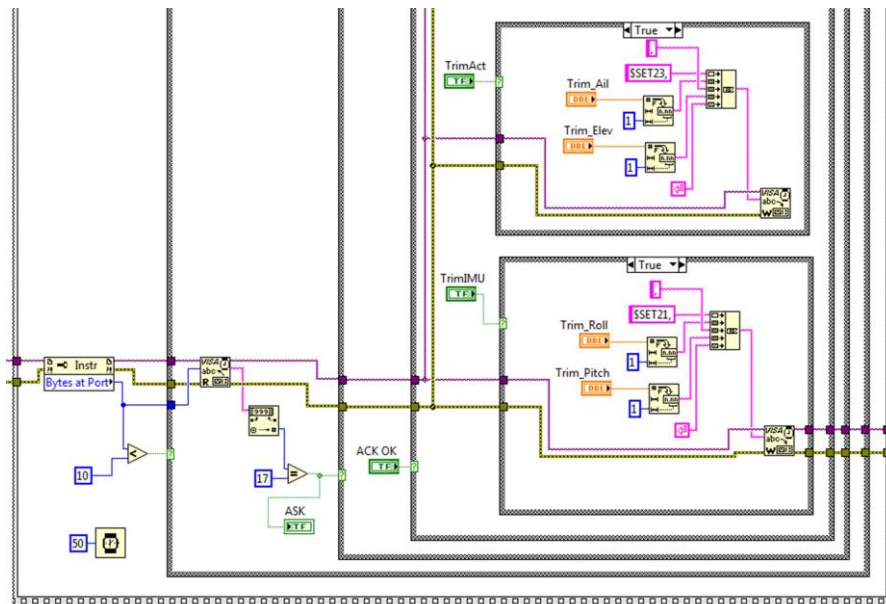


Gambar 6. Flow chart komunikasi 2 arah

Dalam pengujian ini, diawali dengan TRX mengirimkan kode '17' secara terus menerus dalam perioda 20 msec (50Hz), menunggu jawaban dari RTX. Di dalam RTX disediakan tombol On/Off untuk menerima permintaan TRX tersebut. Jika On berarti mengijinkan TRX mengirimkan data-data kondisi terbang dan posisi wahana dengan sebelumnya RTX mengirimkan kode '19'. Sebaliknya jika tombol tersebut di Off kan, maka RTX siap mengirimkan data parameter seperti data *zero IMU*, *zero actuator*, *range actuator*, *gain PID* dan lain sebagainya. Sedangkan TRX akan menunggu kode '19', jika terdapat kode itu, maka TRX akan segera mengirimkan data-data IMU dan GPS terus menerus dalam perioda 50 msec (20 Hz). Jika kode '19' tidak diterima, maka TRX akan menerima permintaan parameter dari RTX sesuai jenis perintahnya.



RTX Saat OFF

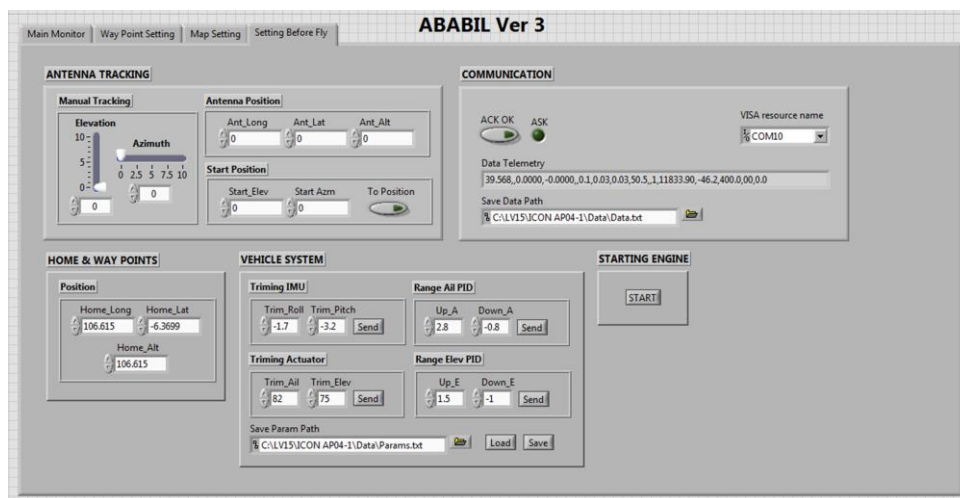


Gambar 7. Komunikasi 2 arah menggunakan Labview

4.2.4. Pengaturan parameter

Penggunaan komunikasi 2 arah ini banyak bermanfaat untuk keperluan pengaturan parameter wahana atau untuk mengetahui kondisi parameter wahana saat ini. Untuk parameter yang bersifat standar seperti pengaturan *zero IMU*, *zero actuator*, *range actuator*, *gain PID* dan parameter lain sejenis, dari GCS ke sistem kendali terbang, telah disediakan tombol masing-masing sesuai paramter yang diinginkan. Termasuk penyimpanan data parameter tersebut ke dalam file, atau sebaliknya membaca file untuk dijadikan standar sesuai parameter sebelumnya.

Dapat pula GCS mengajukan permintaan untuk mengetahui kondisi parameter yang telah tersimpan dalam memori sistem kendali terbang, seperti contohnya adalah parameter *way points* atau parameter lainnya, seperti pada Gambar 8. Dengan modul komunikasi 2 arah ini, hubungan sistem kendali terbang dan GCS menjadi jauh lebih baik dan lebih aman.



Gambar 8. Sarana setting wahana di GCS

5. KESIMPULAN

Komunikasi 2 arah yang merupakan hal baru dalam metoda pengiriman data untuk pengujian roket dan wahana nir awak berkecepatan tinggi milik LAPAN, membuka banyak cara dan manfaat dalam komunikasi antara sistem kendali terbang dan GCS. Jumlah data yang dapat dikirim secara terus menerus selama tidak ada perintah sela (*interrupt*) oleh GCS saat ini adalah pada frekuensi 20 Hz. Hal ini masih dapat ditingkatkan kuantitas jumlahnya dengan mempertimbangkan pengaruh panas yang diterima oleh radio telemetri pada sistem kendali terbang. Pada intinya, dengan komunikasi 2 arah ini, memudahkan segala hal dalam pengaturan paramter dari GCS ke sistem kendali terbang, maupun diterimanya informasi parameter yang tersimpan dalam memori sistem kendali terbang oleh GCS secara nir kabel dan lebih aman. Untuk riset selanjutnya yang terkait dengan pola komunikasi 2 arah ini, sangat terbuka lebar dalam masalah keamanan data, peningkatan kualitas dan kuantitas data serta pengembangan *protocol* standar untuk teknologi peroketan LAPAN.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ditujukan kepada Deputi Teknologi Dirgantara dan Kepala Pusat Teknologi Roket atas fasilitas dan dukungan dalam melakukan kegiatan penelitian ini. Serta teman-teman dalam Program Sistem Kendali atas semua bantuan yang telah diberikan secara langsung maupun tidak langsung.

PERNYATAAN PENULIS

Penulis dengan ini menyatakan bahwa seluruh isi menjadi tanggung jawab penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kang, Y., & Yuan, M. "Software design for mini-type ground control station of UAV", In *ICEMI 2009 - Proceedings of 9th International Conference on Electronic Measurement and Instruments* (pp. 4737–4740). <http://doi.org/10.1109/ICEMI.2009.5274691>, 2009.
- [2] Herma Yudhi Irwanto. "Complete Monitoring of Ground Control System for High Speed UAV", In *Advance Research in Material Sciences, Manufacturing, Mechanical and Mechatronic Engineering Technology International Conference. AR4MET 2015*.
- [3] Kang, Y., Park, B.-J., Yoo, C.-S., Kim, Y., & Koo, S.-O. (2010). "Ground test results of flight control system for the Smart UAV", In *Control Automation and Systems (ICCAS), International Conference on* (pp. 2533–2536), 2010.
- [4] Ardupilot, P. "ArduPilot Mega", Retrieved from <http://www.ardupilot.co.uk/>, 2013.
- [5] Tomazic, T., & Matko, D. "Model based UAV autopilot tuning", *Recent Advances in Fluid Mechanics, Heat & Mass Transfer and Biology*, 18–22, 2011.
- [6] Various. "What is Simplex, Half-Duplex & Full-Duplex ?", retrieved from <http://www.iec-usa.com/Browse05/DTHFDUP.html>.
- [7] Herma Yudhi Irwanto. "HILS of Auto Take Off System for High Speed UAV using Booster Rocket", In *Proceedings of ISITIA 2016 Recent Trend in Intelligent Computational Technologies for Sustainable Energy*, Institute Technology Sepuluh Nopember (ITS), Lombok 2016, 373-380, <http://doi.org/10.1109/ISITIA.2016.7828689>, 2016.
- [8] Herma Yudhi Irwanto. "Integrated Simulation System for High Speed UAV", In *Bunga Rampai Hasil Litbangyasa: Teknologi pada Pesawat Terbang, Roket dan Satelit*, LAPAN 2015.
- [9] DJI. "FPV Flight - DJI Wiki", Retrieved from http://wiki.dji.com/en/index.php/FPV_Flight, 2016.

- [10] Macháček, J., & Drápela, J. “Control of serial port (RS-232) communication in LabVIEW”, In *2008 International Conference Modern Technique and Technologies, MTT 2008* (pp. 36–40). <http://doi.org/10.1109/SPCMTT.2008.4897488>, 2008.
- [11] Chao, C. Y., Juan, Y. L., Hu, C. H., Chung, Y. N., & Chen, T. R. “Application of serial transmission ports of labVIEW data communication in teaching”, *ICIC Express Letters*, 5(9 A), 3135–3142, 2011.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS

DATA UMUM

Nama Lengkap : Herma Yudhi Irwanto
Tempat & Tgl. Lahir : Banyuwangi, 30 Desember 1967
Jenis Kelamin : Pria
Instansi Pekerjaan : LAPAN
NIP. / NIM. : 19671230 198701 1 001



DATA PENDIDIKAN

SLTA	: SMA 2 Negeri Kediri	Tahun: 1986
STRATA 1 (S.1)	: Shibaura Institute of Technology	Tahun: 1992
STRATA 2 (S.2)	: Shibaura Institute of Technology	Tahun: 1994

ALAMAT

Alamat Kantor / Instansi : Pusat Teknologi Roket, Jl. Raya LAPAN Rumpin, No. 2,
MekarSari, Rumpin, Bogor
Email : herma.yudhi@lapan.go.id; hyirwant@gmail.com