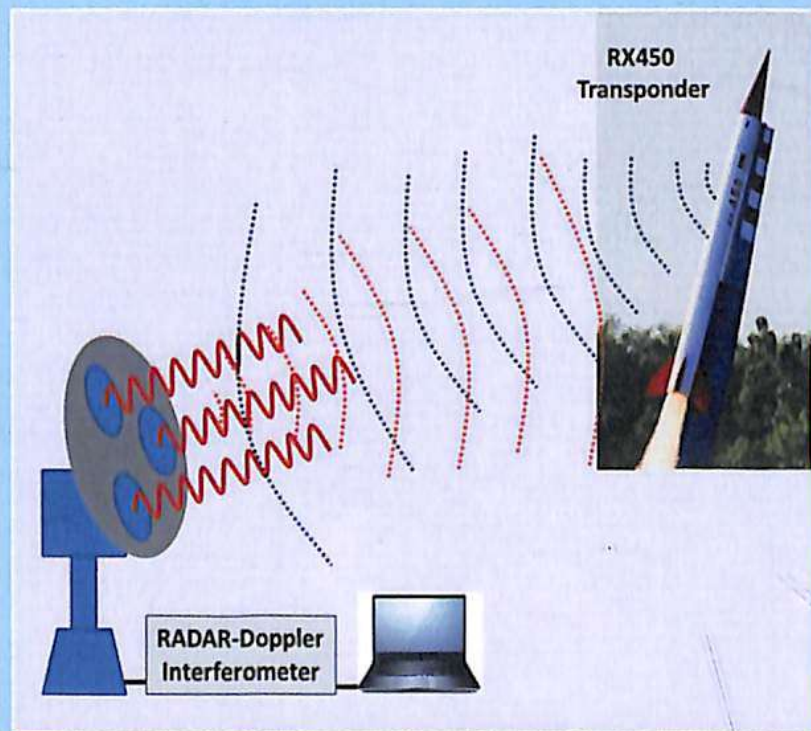




**ORASI PENGUKUHAN PROFESOR RISET
BIDANG SISTEM ELEKTRIK
RUANG ANGKASA**



PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PELACAK ROKET BERBASIS RADAR



**OLEH:
WAHYU WIDADA**

**LEMBAGA PENERBANGAN DAN ANTARIKSA NASIONAL
RUMPIN, 23 NOVEMBER 2017**

DAFTAR ISI

BIODATA RINGKAS	iii
DAFTAR ISI	v
PRAKATA PENGUKUHAN	vii
I. PENDAHULUAN	1
II. PERKEMBANGAN TEKNOLOGI PELACAK ROKET 4	
2.1. Pelacak Roket Berbasis Radar	4
2.2. Pelacak Roket Berbasis GPS	5
2.3. Pelacak Roket Berbasis Audio	6
2.4. Pelacak Roket Berbasis Sinar Laser	7
III. PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PELACAK ROKET BERBASIS RADAR	8
3.1. Pengukuran Jarak Terbang Roket	9
3.2. Pengukuran Kecepatan Terbang Roket.....	12
3.3. Pengukuran Arah Sudut Terbang Roket	13
3.4. Pengukuran Posisi Koordinat Terbang Roket.....	14
3.5. Hasil Litbang dan Kontribusi Nasional	15
IV. RISET MASA DEPAN UNTUK PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PELACAK ROKET.....	17
V. KESIMPULAN.....	19
VI. PENUTUP.....	20
UCAPAN TERIMA KASIH.....	21
DAFTAR PUSTAKA	23

LAMPIRAN.....	355
DAFTAR PUBLIKASI ILMIAH	499
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	72

I. PENDAHULUAN

Seperti diketahui bahwa Pusat Teknologi Roket mempunyai tugas melaksanakan kegiatan penelitian dan pengembangan teknologi roket serta pemanfaatannya. Penelitian dan pengembangan tersebut meliputi teknologi motor roket, struktur dan mekanik, propelan, serta teknologi kendali dan telemetri. Peroketan nasional telah dimulai sejak tahun 1960an, bersamaan dengan negara-negara lain seperti Jepang, Korea, dan India, dimana negara-negara maju seperti Jerman, Rusia, dan Amerika telah jauh terlebih dahulu mengembangkannya untuk mendukung perang dunia pertama dan kedua. Tahapan pengembangan roket meliputi disain, simulasi, uji laboratorium, dan uji terbang untuk peningkatan performa pada berbagai segi, baik struktur, elektronik, kontrol, aerodinamik, dan performa motor roket. Permasalahan dalam pengembangan teknologi roket adalah kurang terbukanya akses alih teknologi dari Negara maju, termasuk juga teknologi pendukung seperti teknologi pelacak posisi uji terbang roket.

Uji terbang digunakan untuk menguji semua aspek pengembangan roket yang merupakan hal yang sangat penting dilakukan. Untuk mengetahui performa roket tersebut, maka perlu dipasang berbagai sensor dan alat komunikasi untuk memonitor performa selama terbang. Teknologi saat ini yang digunakan untuk sistem pelacak posisi antara lain adalah sistem yang berbasis *radio frequency* (RF) seperti *Global Positioning System* (GPS) dan *Radio Detecting And Ranging* (RADAR). Komponen GPS yang komersial mempunyai batasan terhadap tinggi maksimum, kecepatan, dan percepatan yang merupakan kesepakatan negara maju dalam bentuk perjanjian pembatasan teknologi tersebut¹. Padahal gerak dinamis roket melebihi

batasan tersebut, sehingga tidak optimal digunakan untuk pelacak posisi roket, terkecuali dengan kerjasama dengan Negara maju agar memperoleh GPS tanpa batasan tersebut.

Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI) adalah salah satu Negara terbesar di dunia. Untuk kawasan ASEAN, wilayah NKRI adalah yang paling luas. Pengamanan dan pengawasan wilayah NKRI yang terdiri dari kurang lebih 17.504 pulau dengan 2/3 wilayah terdiri dari lautan memerlukan peralatan radar yang berjumlah sangat besar. Teknologi roket dan teknologi radar menjadi penting untuk sistem pertahanan negara yang merupakan salah satu dari 7 bidang strategis nasional. Selama ini pembelian radar dari luar negeri melalui prosedur yang sulit dikarenakan teknologi radar bersifat strategis, dan harganya yang mahal. Hal ini menjadi hambatan bagi pemerintah untuk memenuhi kebutuhan peralatan radar. Sistem radar untuk pelacak roket juga mempunyai harga yang relatif tinggi dan penggunaannya dibatasi untuk roket buatan luar negeri.

Untuk mendukung pengembangan teknologi roket Nasional, maka teknologi radar sangat penting untuk dikembangkan, agar setiap uji terbang roket dapat selalu digunakan untuk mengetahui unjuk kerjanya baik berupa jarak jangkauan, kecepatan, dan arah gerakannya. Tanpa adanya dukungan sistem pelacak, maka pengembangan roket akan menjadi terhambat dikarenakan unjuk kerja roket tidak dapat dimonitor. Oleh karena itu, sumber daya manusia dengan keahlian radar untuk pelacak posisi roket ini sangat penting.

Teknologi pelacak posisi yang telah dikembangkan di LAPAN sejak beberapa puluh tahun yang lalu adalah berbasis RF. Gelombang ini digunakan untuk mengukur jarak, kecepatan, dan sudut roket. Jarak diperoleh berbasis prinsip

radar, kecepatan diperoleh berbasis prinsip Doppler, dan sudut azimuth-elevasi diperoleh dari prinsip *phase interferometry*. Teknologi ini baik secara *hardware* dan algoritma telah dikembangkan dan telah digunakan untuk berbagai uji peluncuran roket. Akan tetapi, ke depannya agar dapat mengikuti perkembangan teknologi roket, riset teknologi radar ini harus terus dikembangkan untuk mendukung pengembangan roket. Bidang studi di Universitas atau unit kerja yang khusus menangani riset deteksi sinyal radar juga perlu dikembangkan. Oleh karena itu sangat penting untuk mengembangkan teknologi radar secara lebih baik dari segi sumber daya manusia, infrastruktur dan pendidikan. Hal ini juga telah diamanatkan pada peraturan Presiden RI No. 45 tahun 2017 tentang rencana induk penyelenggaraan keantariksaan tahun 2016–2040².

Naskah orasi ini menjelaskan pengembangan teknologi pelacak posisi roket berbasis radar yang dapat mengatasi persoalan kemampuan mandiri sistem pelacak posisi uji terbang roket Nasional.

II. PERKEMBANGAN TEKNOLOGI PELACAK ROKET

Gelombang dalam bentuk apapun dapat dimanfaatkan untuk mengirim informasi dan komunikasi serta untuk deteksi objek. Gelombang tersebut dapat berbentuk RF, suara, sinar laser, dan lain-lain. Berbagai bentuk gelombang tersebut dapat dimanfaatkan untuk aplikasi dengan metoda yang sama, hanya objek dan kondisi tertentu yang mempengaruhi kecocokan untuk aplikasinya. Dengan menggunakan sebuah sumber gelombang yang dipancarkan, maka dapat mendeteksi berbagai objek dengan berbagai efek seperti pemantulan, penerusan, pembelokan, pelemahan gelombang tersebut³. Selain pemancar dan penerima, maka juga diperlukan sebuah sensor atau antena untuk menangkap gelombang, serta sebuah prosesor untuk memproses sinyal.

2.1. Pelacak Roket Berbasis Radar

2.1.1. Perkembangan Tingkat Global

Pelacak posisi terbang roket pada awalnya berbasis teknologi gelombang radio (radar)^{4,5}. Gelombang radio tersebut dapat merambat di atmosphere dengan kecepatan sekitar 3×10^8 m/detik, yang lebih cepat daripada kecepatan roket sendiri (hampir 1 juta kali), sehingga dari segi perbandingan kecepatan cocok untuk diaplikasikan pada roket. Di negara-negara maju seperti Jepang dan Amerika radar *transponder* (*transmitter-responder*), juga diaplikasikan untuk roket hingga saat ini⁶. Dari signal radar yang diterima, juga dapat mengukur efek Doppler untuk mengetahui kecepatan roket^{7,8}. Pengukuran efek Doppler ini dilakukan pada sinyal *carrier* pancaran gelombang radio yang kembali ke stasiun pengamat, perubahan sudut arah

roket juga diukur dengan teknik *interferometer* dengan sinyal yang sama⁹. Sedangkan pengukuran jarak, dapat menggunakan sinyal *carrier* maupun sinyal *beacon (sub-carrier)*. Dari gelombang *carrier* ini, selain jarak dan kecepatan, maka arah datangnya sinyal juga dapat dideteksi untuk pengukuran sudut azimuth dan elevasi roket. Perangkat dan komponen radio secara umum mudah diperoleh, sehingga pengembangan pelacak berbasis RF merupakan pilihan yang paling realistis.

2.1.2. Perkembangan Tingkat Nasional

Secara nasional, perkembangan radar khusus untuk roket baru dimulai di LAPAN sejak tahun 2007, dimulai sebagai tema untuk riset sistem antena pelacak untuk radar dengan kerjasama dengan mahasiswa sebagai riset doktoral. Kemudian dilanjutkan dengan mendapat biaya dari Ristek khusus untuk pengembangan sistem radar 3D untuk roket pertahanan, hingga saat ini diaplikasikan untuk uji terbang roket LAPAN dan roket konsorsium roket pertahanan. Lembaga penelitian seperti LIPI dan Universitas juga telah mengembangkan radar aktif untuk aplikasi pelacak kapal sejak tahun 2006 hingga sekarang, sistem tersebut tidak khusus diaplikasikan untuk roket^{10,11}. Merupakan suatu tugas yang tidak mudah bagi pemerintah untuk mengadakan berbagai tipe radar dari luar negeri agar dapat memenuhi kebutuhan di dalam negeri baik untuk kepentingan sipil maupun militer, sehingga perlu didata mengenai kemampuan Nasional baik di lembaga pemerintah, swasta, dan universitas untuk arah pengembangan berikutnya.

2.2. Pelacak Roket Berbasis GPS

Pelacak roket pada awalnya dikembangkan dengan prinsip radar baik jenis aktif maupun dengan menggunakan

transponder, kemudian berkembang dengan menggunakan GPS yang juga berbasis RF^{12,13}. GPS telah digunakan oleh militer Amerika sejak tahun 1980an untuk memantau pergerakan pasukan dan objek bergerak lainnya. Kemudian, sejak tahun 2000, akurasi GPS telah dibuka untuk aplikasi umum mencapai kurang dari 25 meter, sehingga berkembang untuk berbagai aplikasi komersial seperti pelacak dan navigasi kendaraan. Pengembangan sistem pelacak berbasis GPS ini sudah dilakukan dan menggunakan kombinasi empat buah sensor supaya menjadi lebih handal^{14,15}. Akan tetapi GPS ini masih mendapat proteksi untuk penggunaan pengembangan misil, sehingga spesifikasi dibatasi kecepatan maksimal 515 m/detik, ketinggian 18 km, serta percepatan hingga 4g (1 g = 9.8 m/det²). Pada kondisi tersebut maka algoritma pada GPS menjadi tidak berfungsi. Data GPS ini juga digunakan bersama data IMU (*Inertial Measurements Units*) untuk saling koreksi dengan *accelerometer* dan *rate-gyroscope* agar memperoleh nilai yang lebih akurat¹⁶.

2.3. Pelacak Roket Berbasis Audio

Gelombang audio relatif mempunyai kecepatan yang lebih lambat yaitu sekitar 340 m/detik di media atmosphere. SODAR (*Sound Detecting and Ranging*) adalah deteksi jarak dan karakter objek berbasis suara. Oleh karena itu, gelombang seperti ini cocok untuk komunikasi jarak pendek dengan jumlah informasi yang lebih sedikit, serta untuk deteksi objek bergerak dengan kecepatan rendah dan jangkauan yang pendek. Metoda ini juga telah digunakan untuk pelacak roket dari suara yang ditimbulkannya^{17,18}. Gelombang suara *infrasonic* frekuensi rendah yang ditimbulkan saat roket terbang digunakan sebagai sumber sinyal detektor^{19,20}. Gelombang suara tersebut juga

digunakan untuk identifikasi jenis roket balistik pada saat terbang^{21,22}.

2.4. Pelacak Roket Berbasis Sinar Laser

Gelombang lain adalah gelombang cahaya seperti laser dapat digunakan untuk komunikasi remote kontrol seperti pada elektronik video, gelombang LED (*Light Emitting Diode*). Kecepatan gelombang cahaya ini seperti gelombang radio.

Gelombang cahaya dan gelombang radio dari segi kecepatan sangat cocok, disebabkan hampir 1 juta kali lebih cepat dari gerak roket. Jika gelombang sinar laser digunakan untuk pelacak roket, perlu *reflector* pada *payload* roket agar dapat memantulkan kembali sinar tersebut untuk pengukuran jarak dan arahnya²³. LIDAR (*Lidar Detecting and Ranging*), gelombang sinar laser juga digunakan untuk mengukur pergerakan, ketinggian, dan ketebalan awan²⁴. Sifat gelombang sinar laser yang tidak menyebar, relatif coherent, untuk pelacak pergerakan roket akan mengalami kesulitan.

Gelombang radio mempunyai frekuensi yang lebar dan sifat rambat di atmosphere yang sangat cepat dan lebih fleksibel bergerak menyebar ke arah pancaran, maka lebih cocok untuk aplikasi objek yang bergerak seperti roket.

Dari perkembangan berbagai macam teknologi pelacak seperti di atas, maka sangat penting untuk mengembangkan teknologi RF untuk aplikasi pelacak roket yang paling optimal dan realistis dari sisi teknologi di Indonesia. Beberapa bagian yang dapat dikembangkan adalah teknologi radar *transponder*, *radio direction finding* dan *RF interferometer*, dan teknologi antena *pelacak*.

III. PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PELACAK ROKET BERBASIS RADAR

Radar pada prinsipnya mempunyai sebuah pemancar dan penerima gelombang radio yang dilengkapi antena serta prosesor untuk menghitung jarak, kecepatan, dan posisi objek. Secara umum radar terbagi menjadi radar aktif dan radar pasif (*Aktif Remote Sensing* dan *Pasif Remote Sensing*). Radar aktif menggunakan gelombang yang dibuat sendiri di stasiun pengamat dengan daya yang sangat kuat kemudian dapat mengenai sasaran dan menerima gelombang balik. Sistem ini dapat digunakan untuk objek asing (musuh) maupun objek sendiri (kooperatif). Yang kedua adalah tipe pasif, artinya gelombang pemancar tidak dipancarkan sendiri, tetapi menggunakan pemancar umum lainnya yang sudah ada, seperti pemancar radio FM maupun radio TV umum. Radar juga dapat diklasifikasi secara primer maupun sekunder, yang primer adalah yang aktif, sedangkan yang sekunder adalah yang menggunakan *transponder*. Selain hal tersebut, radar juga dapat diklasifikasikan berdasarkan pada gelombang yang digunakan (Gambar 1). Kemudian radar dapat juga diklasifikasikan berdasarkan tujuannya, yaitu militer (*air-defence, battle-field*) dan sipil (ATC, *weather*, dan lain-lain).

Karena radar ini digunakan untuk roket dengan pengembangan sendiri dalam aplikasi sipil, maka tipe radar yang optimal dikembangkan adalah radar *transponder*, juga termasuk radar aktif dengan gelombang pemancar sendiri yang relatif rendah daya pancarnya, tetapi menggunakan radio *transponder* yang ditempatkan pada *payload* roket agar lebih mudah untuk mendeteksi pantulan sinyal yang kembali.

3.1. Pengukuran Jarak Terbang Roket

Radar *transponder* merupakan metoda pengukuran jarak roket berdasarkan pada prinsip rambatan gelombang radio (Gambar 2) dengan blok diagram pada Gambar 3. Pada gambar tersebut f_1 adalah frekuensi radio pemancar untuk mengirimkan sinyal *beacon*, f_2 adalah frekuensi sinyal kembali ke stasiun. Sedangkan jarak R dihitung dengan *delay* waktu bolak-balik $\square T$ dikalikan dengan kecepatan rambat gelombang radio C (3×10^8 m/detik) dibagi dua. Algoritma untuk menghitung *delay* $\square T$ dikembangkan berbasis domain waktu^{25,26,27}, dan berbasis domain frekuensi^{28,29,30}. Dari hasil riset, metoda berbasis domain frekuensi terbukti lebih handal terhadap gangguan derau³¹.

Pada awal riset dengan melakukan desain sistem dan simulasi mengenai prinsip radar, didapat hasil berupa sistem yang optimal untuk aplikasi roket³². Simulasi sinyal *beacon* dan pengembangan *hardware* telah dilakukan sesuai dengan jarak maksimum roket yang akan dilacak³³. Kombinasi dua buah sinyal *tone* terbukti cocok untuk digunakan sebagai perhitungan jarak (Gambar 4)^{34,35}. Kemudian melakukan uji laboratorium, dengan menggunakan komponen RF dan peralatan digital osiluskup, sehingga dapat membuat prototip *hardware* dan dapat menguji hasil disain dan simulasinya^{36,37}. Pengaturan frekuensi secara acak untuk aplikasi anti *jamming* juga telah berhasil dikembangkan³⁸. Algoritma pelacak yang telah dikembangkan adalah berbasis *cross-correlation* untuk menghitung *delay* waktu, kemudian diubah menjadi jarak (Gambar 5). Akuisisi data berbasis digital osiluskup dan dengan menggunakan *microcontroller*, diperoleh waktu proses yang singkat^{39,40}. *Software* yang dikembangkan berbasis Visual

Basic dan Matlab hasilnya lebih mudah digunakan dan waktu proses menjadi lebih cepat⁴¹.

Langkah berikutnya adalah dengan melakukan uji validasi jarak. Mula-mula kalibrasi pada jarak nol meter atau *transponder* pada posisi belum berpindah menjauh, hasil perhitungan harus tetap pada nilai sekitar nol meter⁴². Validasi berikutnya adalah dengan menggunakan GPS atau lokasi yang telah diketahui jarak sebelumnya, *transponder* ditempatkan pada salah satu tempat dan *ground-station* ditempatkan pada posisi yang lain, sehingga mendapatkan hasil kalibrasi radar tersebut⁴³, yang menunjukkan korelasi yang sesuai antara data referensi dan data radar^{44,45}. Lokasi kalibrasi paling optimal telah dilakukan di Pamengpeuk, selain dapat *line-of-sight*, jarak yang didapat bisa mencapai > 50 km, dari pantai ke pantai. Karena sistem ini menggunakan *transponder*, maka pengukuran jarak roket ini dipilih dengan menggunakan sinyal *sub-carrier* dan menggunakan power pemancar yang relative kecil, yaitu hanya beberapa Watt. Jika menggunakan sinyal *carrier* (aktif radar), maka harus menggunakan power yang sangat besar (*pulse* kWatt) atau juga dapat menggunakan FMCW (*Frequency Modulated Continuous Wave*) yang relatif lebih kecil dayanya.

Kegiatan riset berikutnya adalah dengan menguji prototip dengan menggunakan uji terbang roket. Uji terbang dilakukan di stasiun peluncuran Pamengpeuk Jawa Barat. Hasil pengukuran jarak yang pertama diperoleh adalah pada tahun 2009 menggunakan roket tipe RX-100, dengan jarak jangkauan yang terukur sekitar 9 km dengan akurasi 500 meter⁴⁵. Setelah dilakukan pengembangan pada bagian antena, radio, dan prosesor, maka pada tahun 2012 telah berhasil pada uji terbang roket RX-200 dengan akurasi sekitar 200 meter, dengan hasil

daya jangkau roket sekitar 23 km. Pada tahun 2016 sistem radar ini juga telah diaplikasikan untuk roket tipe paling besar yaitu RX-450 dengan jangkauan hingga 52 km dengan akurasi sekitar 75 meter. Selain *transponder* juga menggunakan GPS secara bersamaan, yaitu pada uji RX200 pada tahun 2012 dan pada uji roket RHAN-450 tahun 2016. Hasil pengukuran yang diperoleh menunjukkan korelasi data jarak yang sesuai.

Metoda trayektori berbasis data jarak radar ini dapat digunakan dalam koordinat 2 dimensi maupun 3 dimensi dengan prinsip *multi-lateration*, yaitu dengan menggunakan minimal tiga buah titik pengukuran jarak yang berbeda posisi. Metoda yang telah dikembangkan ini mempunyai kelebihan dapat memproses sinyal dalam satu tempat, sehingga secara *realtime* dapat melacak posisi roket dengan koordinat 2 dan 3 dimensi. Sistem ini mempunyai kebaruan inovasi baik dari sisi antena, sistem, dan algoritma, sehingga mendapatkan sertifikat paten⁴⁶. Pengukuran jarak untuk masing-masing tipe roket yang jangkauannya berbeda-beda memerlukan sinyal *beacon* yang harus diatur sesuai dengan jarak maksimum yang akan dideteksi, inovasi metoda ini telah dipublikasikan dalam bentuk pengajuan paten nasional⁴⁶.

Secara umum *hardware* yang digunakan pada sistem ini terbagi menjadi dua bagian. Bagian pertama adalah radar *ground-station*, yang terdiri dari pembangkit sinyal *beacon*, pemancar sinyal radio, antena pemancar dan penerima, penerima sinyal radio, serta prosesor sinyal radar (Gambar 6). Pembangkit sinyal *beacon* dan prosesor sinyal radar menggunakan prosesor kecepatan tinggi seperti tipe FPGA (*Field-Programmable Gate Array*). Antena yang digunakan adalah antena umum untuk aplikasi *ground-station* dengan tipe *monopole* dan pengarah. Bagian kedua adalah *transponder*,

yang terdiri dari antena, radio penerima, radio pemancar, dan sinyal kontroler. Antena yang digunakan di *payload* roket dapat dipasang di dalam *nose-cone* maupun pada bodi luar tabung roket⁴⁷. Software yang digunakan berbasis kombinasi VB dan Matlab seperti dapat dilihat pada Gambar 7. Pada *software* tersebut telah menggunakan *digital filtering*, sehingga hasil pengukuran menjadi lebih akurat^{48,49} derau yang mengganggu dapat direduksi dengan lebih baik^{50,51}.

3.2. Pengukuran Kecepatan Terbang Roket

Selain jarak roket, maka parameter lain yang penting diketahui adalah kecepatan terbang roket secara *realtime*. Dari parameter ini, maka performa kecepatan motor roket dan *burning-out* langsung dapat diketahui, yang dapat digunakan untuk berbagai analisis uji terbang roket. Parameter ini dapat dihitung langsung dengan prinsip efek Doppler pada gelombang radio (gelombang *carrier*) yang dipancarkan dari roket bersama dengan radar, dan telah mendapatkan sertifikat paten pada Gambar 8⁵². Sistem pelacak posisi dan kecepatan peluncuran roket jamak menggunakan *multi* frekuensi *transponder* juga telah didaftarkan sebagai paten⁵³. Pada gambar Δf adalah perubahan frekuensi radio dari frekuensi standar dan f_2 adalah frekuensi yang diterima. Kecepatan roket V_{Roket} dapat dihitung dari perkalian frekuensi Doppler dengan kecepatan rambat radio dibagi dengan frekuensi yang dipancarkan dari roket. Di stasiun penerima cukup ditempatkan alat pengukur perubahan frekuensi radio *transponder* yang disebabkan oleh perubahan kecepatan roket.

Frekuensi *carrier* yang diterima akan sedikit menurun dari yang dipancarkan akibat gerak roket yang menjauhi stasiun pengamat. Alat ini secara simultan dapat mengukur

kecepatan secara bersamaan dengan pengukuran jarak pada sistem radar. Kombinasi pengukuran ini juga mempunyai nilai inovasi tersendiri, dan telah memperoleh pengakuan sertifikat paten. Metoda pengukuran kecepatan roket ini telah diaplikasikan pada uji roket RX-200 pada tahun 2013^{54,55}. *Hardware* dan algoritma dari sistem pengukur kecepatan roket ini juga dikembangkan sendiri dengan menggunakan komponen radio lokal, sehingga dapat digunakan untuk koreksi frekuensi Doppler⁵⁶. Sensitifitas kecepatan roket ini dapat ditentukan dengan menggunakan frekuensi pemancar yang tepat, sehingga penggunaan multi frekuensi dapat dilakukan untuk mengukur kecepatan rendah dan kecepatan tinggi dengan akurasi yang tidak menurun. Algoritma FFT yang digunakan untuk menghitung perubahan frekuensi gelombang radio, diproses di *microcontroller* agar beban kerja PC menjadi berkurang^{57,58}.

3.3. Pengukuran Arah Sudut Terbang Roket

Parameter lain yang dapat diukur dari pancaran radar *transponder* roket adalah arah datangnya sinyal tersebut (sinyal *carrier* radio). Prinsip yang digunakan dapat berupa perbedaan kuat sinyal yang diterima pada antena⁵⁹ dan prinsip *phase interferometer* telah mendapatkan sertifikat paten⁶⁰. Penerapan *digital filtering* seperti dilihat pada gambar 9 juga dikembangkan agar estimasi pengukuran sudut menjadi lebih akurat⁶¹. Pada Gambar 9, D adalah jarak antar antena dan L adalah beda jarak sinyal yang diterima. Sudut roket dapat dihitung dengan *inverse cosinus* beda jarak L dengan jarak antena D .

Alat ukur perubahan sudut ini juga dibuat dengan menggunakan komponen detektor RF dan prosesor yang dirakit

menjadi sistem pengukur sudut dari sinyal radio yang dipancarkan oleh *transponder* roket (blok diagram dijelaskan pada Gambar 10)⁶². Hasil pengembangan ini masih dalam taraf uji laboratorium dan uji darat (*ground-test*) dengan hasil akurasi sekitar < 1 derajat, yang cukup detail untuk aplikasi uji peluncuran roket^{63,64,65}. Akurasi pengukuran sudut ini dapat diatur dengan merubah jarak antar antena dan menambah jumlah antena agar data yang terekam lebih banyak untuk diambil nilai rerata dengan algoritma tertentu^{66,67}.

Ground-station memerlukan antena tipe pengarah dengan polarisasi *circular* atau melingkar, karena adanya perubahan gerakan roket yang dapat mengganggu kualitas sinyal yang diterima. Tipe antena tersebut dapat menggunakan tipe *crossed-Yagi-Uda* atau dengan menggunakan antena helik. *Receiver* radar ini dapat menggunakan lebih dari satu dengan antena masing-masing yang berbeda arah, agar sinyal dapat diterima dengan lebih pasti⁶⁸. Sistem antena pelacak berbasis *array Yagi* juga dapat diaplikasikan agar sinyal dapat dilacak sesuai pergerakan roket, sehingga kualitas dapat selalu optimal⁶⁹.

3.4. Pengukuran Posisi Koordinat Terbang Roket

Pengembangan sistem radar untuk roket ini telah dapat berhasil mengukur perubahan jarak, perubahan kecepatan, dan perubahan sudut baik azimuth maupun elevasi roket saat uji terbang. Dari data tersebut dapat digunakan untuk menguji performa motor roket yang sedang dikembangkan, serta untuk mendukung sistem kontrol terbang roket secara 3 dimensi (Gambar 11) berbasis algoritma *multilateration* (berbasis jarak) dan 3 dimensi berbasis data jarak dan sudut yang cukup hanya satu titik pemantauan (*radar-interferometer*)^{70,71}. Pada gambar

11, ΔT adalah *delay* waktu pada posisi masing-masing repeater radar S . Data hasil perhitungan koordinat trayektori menggunakan *digital filter* agar lebih akurat⁷². Aplikasi pesawat udara tanpa awak UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) untuk membawa radar repeater juga telah menjadi invensi baru, agar sistem ini tidak bersifat statik, tetapi lebih fleksibel pada posisi jarak yang optimal pada berbagai tipe jangkauan maksimum roket yang berbeda⁷³.

Software dan algoritma untuk memproses sinyal radar dan Doppler untuk pengukuran posisi ini juga dibuat dengan menggunakan program kombinasi Visual Basic dan Matlab. Posisi jarak antara *repeater* dapat mempengaruhi akurasi sistem pelacakan, sehingga perhitungan yang optimal harus dilakukan sebelum uji-coba⁷⁴.

3.5. Hasil Litbang dan Kontribusi Nasional

Dari uraian di atas, maka dapat dirangkum bahwa pengembangan sistem pelacak berbasis radar telah dapat menghasilkan metoda baru yang dapat melacak posisi terbang roket, menggunakan *transponder* dan secara 3 dimensi dengan menggunakan minimal tiga buah stasiun *repeater*. Selain posisi, data kecepatan dan arah terbang roket juga dapat dideteksi dalam waktu yang bersamaan, yang telah dipublikasikan dalam dokumen paten dan publikasi ilmiah.

Sistem radar yang telah dikembangkan, telah dibuat dalam bentuk prototip dan berhasil digunakan untuk uji terbang roket LAPAN dari RX-100 hingga RX-450, sejak tahun 2009 hingga sekarang^{75,76,77}. Selain roket milik LAPAN juga digunakan untuk pengembangan uji terbang roket pertahanan dari tipe RHAN-200 hingga tipe RHAN-450. Gambar 12 menunjukkan muatan *transponder* roket tipe RHAN-450 dan saat uji terbang

pada bulan Desember 2016. Semua uji peluncuran dilakukan di pantai Pamengpeuk, Garut, Jawa Barat (Gambar 13). Rangkuman data hasil uji peluncuran yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel halaman 40. Tema riset radar untuk pelacak roket ini juga telah digunakan untuk tema riset mahasiswa baik untuk magister maupun untuk tingkat doktoral, sehingga teknologi ini dapat diharapkan juga berkembang lebih lanjut di lingkungan universitas.

IV. RISET MASA DEPAN UNTUK PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PELACAK ROKET

Sejak dipatenkan lebih dari 100 tahun yang lalu radar telah berkembang pesat hingga sekarang, apalagi penerapan teknologi ini juga sangat luas. Penggunaan selain pada bidang militer juga berkembang pada bidang sipil, sehingga berbagai komponen RF yang berhubungan dengan radar semakin mudah diperdagangkan. Perkembangan elektronik juga semakin pesat, yang mengakibatkan modernisasi radar juga terjadi secara cepat seperti: *intelligent coding*, MIMO radar (*Multiple Transmit and Receive Antena*), *digital beam forming*, *array imaging*, dan kombinasi dengan sistem komunikasi⁷⁸. Peningkatan performa radar dapat dilakukan dengan menggunakan komponen-komponen terkini dengan kualitas sinyal dan kecepatan pengolah sinyal yang lebih baik dan semakin cepat. Kedepannya radar akan semakin fleksibel, simpel, dan lebih banyak informasi yang didapat⁷⁹.

Hasil-hasil riset ini selain berupa publikasi ilmiah secara nasional juga berupa prototip sistem yang dapat memenuhi kebutuhan radar pada setiap uji terbang roket LAPAN maupun roket pertahanan.

Agar tidak semakin ketinggalan, maka perlu peningkatan fasilitas-fasilitas laboratorium agar dapat mengikuti perkembangan teknologi, seperti laboratorium *Anechoic Chambers* untuk pengembangan antena, laboratorium analog RF untuk pengembangan radio dari frekuensi MHz hingga GHz, serta laboratorium sinyal processing untuk pengembangan microprosesor seperti FPGA (*Field-Programmable Gate Array*)^{80,81}. Secara khusus antena untuk ditempatkan di roket atau

misil perlu disain dan fasilitas assembling yang merupakan kebutuhan penting. Selain riset yang dilakukan di laboratorium, perlu dilakukan pengujian yang dilakukan di darat dan di udara seperti dengan menggunakan balon, karena fasilitas seperti *mobile-radar* sangat diperlukan untuk memvalidasi hasil pengukuran serta untuk menguji komponen-komponen RF yang telah dikembangkan, sebelum digunakan pada uji terbang roket⁸².

Cita-cita pengembangan roket peluncur satelit berbasis roket tipe balistik, sudah dibuktikan oleh negara Jepang pada tahun 1970. Oleh karena itu, cita-cita nasional tersebut realistis selama pengembangan teknologi dapat fokus pada bidang yang diperlukan seperti teknologi motor roket, teknologi separasi, dan teknologi telemetri dan pelacak posisi. Harapannya, teknologi pelacak roket berbasis radar *transponder* ini dapat lebih berkembang dan dapat mengikuti perkembangan teknologi roket untuk mendukung data-data peluncuran dengan baik. Selain untuk roket, teknologi ini juga sangat diperlukan pada bidang militer dan sipil. Koordinasi kerjasama riset antar lembaga riset, universitas, BUMN, dan swasta ke depannya sangat diperlukan, dan untuk itu perlu adanya program nasional yang dapat melakukan koordinasi baik SDM dan pembiayaan.

V. KESIMPULAN

Teknologi yang berkaitan dengan pembuatan roket merupakan hal sensitif secara global baik yang berkaitan dengan peralatan, bahan material, dan *software* yang digunakan. Seperti teknologi GPS dan radar untuk pelacak posisi roket. Penelitian yang telah dipaparkan berhasil membangun sistem radar pelacak posisi trayektori roket saat uji terbang menggunakan gelombang radio.

Hasil penelitian ini dimulai dari disain dan pengembangan sistem, algoritma, dan prototipe *hardware*, serta berbagai uji terbang roket. Tipe radar yang dipilih adalah radar *transponder*, agar lebih mudah dalam hal komponen RF, power yang kecil, dan realistis. Sistem tersebut menggunakan komponen di dalam negeri, tanpa adanya impor secara khusus, menghemat devisa, serta mudah operasionalnya.

Jarak roket menggunakan prinsip menghitung waktu terbang gelombang radio dari stasiun pengamat sampai ke posisi roket telah berhasil dikembangkan. Kecepatan roket diukur berdasarkan pada efek Doppler, serta sudut azimuth dan elevasi diukur dengan prinsip *interferometer*. Ketiga macam data tersebut telah berhasil diukur secara bersamaan dengan prinsip yang berbeda menggunakan sumber gelombang yang sama, sehingga hasilnya saling menguatkan.

Sistem radar ini dapat memberikan data performa roket pada saat terbang yang berupa posisi roket dalam koordinat tiga dimensi secara *realtime*. Informasi data ini digunakan untuk evaluasi dan analisa hasil uji terbang roket, sehingga penting untuk membuat perencanaan dan pengembangan roket ke depannya.

VI. PENUTUP ...

Teknologi roket sangat diperlukan untuk tujuan eksplorasi sains antariksa. Untuk mendukung pengembangan teknologi tersebut diperlukan dukungan teknologi komunikasi dan teknologi radar. Parameter informasi yang diperoleh dari radar tersebut digunakan untuk membuat rencana pengembangan berbagai bidang roket dan teknologi pendukungnya agar arah dan pembangunan teknologinya lebih baik.

Teknologi radar sangat penting untuk dikembangkan lebih lanjut mengingat kebutuhan radar pelacak roket yang secara kontinyu dibutuhkan untuk setiap uji terbang. Selain untuk aplikasi roket untuk keperluan penelitian sipil, juga untuk aplikasi roket pertahanan maupun aplikasi penyelamatan dan keselamatan baik di darat maupun di laut, sehingga teknologi ini masih luas cakupannya untuk dapat lebih berkembang sesuai kebutuhan. Pengembangan berbagai teknologi ini dilakukan sesuai dengan perkembangan jaman dan perkembangan teknologi material, elektronik dan informasi. Semoga satu per satu teknologi penting untuk meningkatkan kemampuan peroketan Nasional dapat dikuasai dengan baik, dari teknologi mendasar hingga dapat diaplikasikan untuk uji terbang, sehingga cita-cita roket peluncur satelit dapat diwujudkan dalam waktu dekat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan mengucapkan syukur ke hadirat Allah SWT dan dengan izin-Nya, saya dapat menyampaikan orasi ini. Terima kasih saya haturkan kepada Presiden Republik Indonesia atas penetapan diri saya menjadi Peneliti Utama.

Dari hati yang dalam saya mengucapkan terima kasih dan penghargaan sebesar-besarnya kepada: Pelaksana Tugas Kepala LIPI selaku Ketua Majelis Pengukuhan Profesor Riset, Prof. Dr. Ir. Bambang Subiyanto, M.Agr.; Kepala LAPAN, Prof. Dr. Thomas Djamaluddin; Kepala Pusbindiklat Peneliti LIPI selaku Sekretaris Majelis Pengukuhan Profesor Riset, Prof. Dr. Ir. Dwi Eny Djoko Setyono, M.Sc.; serta Tim Penilai Naskah Orasi, yaitu Prof. Dr. Eddy Hermawan M.Sc., Prof. Dr. Estiko Rijanto, dan Prof. Dr. Hamzah Hilal, M.Sc. Terima kasih atas koreksi, masukan, dan bimbingannya.

Saya ucapkan terima kasih kepada para Deputi di LAPAN; Kepala Pusat Teknologi Roket LAPAN, Drs. Sutrisno, M.Si.; serta seluruh pejabat struktural dan fungsional LAPAN, TP2I/TP3 rekan-rekan peneliti dan staf administrasi LAPAN yang telah membantu karier fungsional mencapai Profesor Riset.

Saya ucapkan terima kasih kepada orang tua, Ibu Sukapti (almh.), Ibu Sri Kuntarti, dan Bapak Budi Wiryono yang telah membesarkan dan mendidik hingga dewasa. Ucapan terima kasih kepada para guru sejak TK hingga S3, baik orang Indonesia maupun Jepang, Prof. Atsuo Takanishi (S1) Waseda University, Prof. Taizou Iijima (S2) JAIST, Prof. Nobuo Takeuchi (S3), dan Prof. Hiroaki Kuze (S3) Chiba University yang telah membimbing studi dan riset. Dan tak lupa saya

ucapkan terima kasih kepada semua keluarga yang telah mendukung perjalanan karier hingga saat ini.

Terakhir, terima kasih saya sampaikan kepada panitia penyelenggara Orasi. Pengukuhan Profesor Riset dan seluruh undangan, sehingga acara ini dapat terselenggara dengan baik, lancar penuh hikmat. Dan dengan mengucapkan *alhamdulillah*, saya akhiri orasi ilmiah ini. Terima kasih atas perhatian para hadirin semua dan mohon maaf atas kekurangan dan kekhilafan dalam menyampaikan orasi ilmiah ini.

Wa billaahittaufiq wal hidaayah.

Wassalaamualaikum wa rahmatullaahi wa barakaatuh.

DAFTAR PUSTAKA

1. *Introduction The Missile Technology Control Regime (MTCR)*, http://mtrc.info/wordpress/wpcontent/uploads/2016/04/MTCR_Annex_Handbook_ENG.pdf.
2. Peraturan Presiden RI no 45 tahun 2017 Tentang rencana induk penyelenggaraan Keantariksaan tahun 2016-2040.
3. Swets, J.A. "*Signal Detection and Recognition by Human Observers.*" New York: Wiley 1964.
4. Gene R. Bussey. "*Rocket Tracking by Radar: A Method of Strengthening the Radar Echo*", Journal of the American Rocket Society, Vol. 00, No. 64 (1945), pp. 21-21.
5. O. P. N. Calla, Y. Sundararajan Electronics Division, Space Science & Technology Centre, Thumba, Trivandrum., C. J. Louis & K. S. Rao, "*Radar Transponder for Tracking Centaure Rocket*," IETE Journal of Research Volume 16, 1970 - Issue 10.
6. Hamasaki, J.; Matsui, M.; Kajikawa, M.; Zama, T.; Neriishi, E.; Yoshimoto, S., "*Radar Transponder and Command Decoder for Mu-rocket Radio Guidance*", International Symposium on Space Technology and Science, 12th, Tokyo, Japan, May 16-20, 1977, Proceedings. (A78-47001 21-12) Chofu, Tokyo, National Aerospace Laboratory, 1977, p. 705-711.
7. Whybra, M. G., "*Single-station DOVAP-ballistic Camera Tracking Reduction for Grenade-experiment Rockets*" SS.S. 12.50-S.S. 6.58: interim technical report The University of Michigan 1960.

8. Chuck McConaghy, "*Doppler Tracking*", QEX – March/April 2010.
9. Carlton H. Cash, "*RF Interferometer/Doppler Target Location System*", US 4509052 A, April 1985.
10. Mashury Wahab, "*Rancang bangun Radar Pengawasan Pantai INDRA IP*", Prosiding Seminar Radar Nasional, PPET LIPI 2008.
11. Purwoko Adhi, "*Pembangkitan Chirp untuk Radar FMCW menggunakan DDS*", Prosiding Seminar Radar Nasional, PPET LIPI" 2008.
12. Markgraf, M., Montenbruck, O. "*A Low Cost GPS System for Real-Time Tracking of Sounding Rockets*," 15th Symposium on European Rocket and Balloon Programmes and Related Research; 28 May - 1 Jun. 2001; Biarritz; France.
13. Oliver Montenbruck; Markus Markgraf, "*Global Positioning System Sensor with Instantaneous-Impact-Point Prediction for Sounding Rockets*", Journal Of Spacecraft and Rockets, Vol, 41 No. 4 July 2004.
14. **Wahyu Widada**, "*GPS-based Prediction of the Real-time Trajectory for a Ballistic Raket*" Jurnal Teknologi Dirgantara Vol 1 No. 1 (2003).
15. **Wahyu Widada**, "*Metode Penggabungan Beberapa Penerima GPS untuk Meningkatkan Akurasi dan Keandalan Sistem Penjejak Raket Balistik (Method of Combining Multi-GPS Receivers to Improve Accuracy and Reliability of The Tracking System of Sounding Rocket)*", Jurnal Teknologi Dirgantara, Vol. 12 No. 1 Juni 2014.

16. Benjamin Braun, Markus Markgraf, Oliver Montenbruck. *"Performance Analysis of IMU-Augmented GNSS Tracking Systems for Space Launch Vehicles"* CEAS Space Journal 8:2, 117-133, 2016.
17. Cook, R.K. and A.J. Bedard Jr *"On the Measurement of Infrasound"* Q.J. Roy. Astro. Soc. 67,pp 5-11; 1972.
18. G. Kaschak, W. L. Donn, and U. Fehr, *"Long-range Infrasound from Rockets"* J. Acoust. Soc. Am. 48(1), 12-20 (1970).
19. John M. Noble, Stephen M. Tenney, *"Long Range Detection and Modeling of Sounding Rocket Launches"*, Proceedings of the 2003 BACIMO Conference, Monterey, CA.
20. N. K. Balachandran, W. L. Donn, and G. Kaschak, *"On the Propagation of Infrasound from Rockets: Effects of Winds"*, J. Acoust. Soc. Am. 50(2), 397-404 (1971).
21. D. O. ReVelle, *"Infrasound signatures of ballistic missiles"*, LA-UR-02-5350, Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, NM (2002).
22. J. Olson, *"Infrasound rocket signatures"*, in Advanced Maui Optical and Space Surveillance Technologies Conference (2012), Vol. 1, p. 82.
23. Zhi-peng LIANG, Xing-wei HAN, Cun-bo FAN, Chengzhi LIU, *"Laser Ranging Observation and Orbit Determination of Rotating Reflective CZ-2C Rocket Stage"*, <https://cddis.nasa.gov> (24 February 2017).
24. **Wahyu Widada**, Nobuo Takeuchi, Hiroaki Kuze, Akira Tadaishi, Shin Shimakura, *"Signal Penetration into Thick Clouds Studied by Multi-Layer Data Observed with a*

- Micro-Pulse Lidar*", Optical Review January 2000, Volume 7, Issue 1, pp 95-100.
25. **Wahyu Widada** dan Sri Kliwati, "*Metoda TDOA-RADAR Sekunder roket LAPAN Menggunakan Linear FM Chirp Signal*", Seminar Nasional Informatika, Semnasif 2009, UPN "Veteran", Yogyakarta, 23 Mei 2009.
 26. **Wahyu Widada** dan Sri Kliwati, "*Improvement of TDOA Secondary RADAR Estimation for Rocket Using Wavelet-Based Denoising Technique*", Konferensi Nasional Sistem Informasi, KNSI 2009. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 17 Januari 2009.
 27. **Wahyu Widada**, "*Frequency Domain TDOA Estimation of Passive RADAR for Rocket Flight Test*", Seminar Nasional Fisika 2008. Fisika ITB, Bandung, 5-6 Februari 2008.
 28. **Wahyu Widada** dan Sri Kliwati, "*Analisa FDOA-RADAR Sekunder terhadap Gangguan Random Noise*", Seminar RADAR Nasional III, Savoy Homann Bidakara Hotel, Bandung, 30 April 2009.
 29. **Wahyu Widada**, "*Pemrosesan Signal RADAR Sekunder untuk Roket Menggunakan Natural Observation Method*," SRITI 2008.
 30. **Wahyu Widada**, "*Metode Estimasi Delay Signal untuk Sistem Secondary Surveillance RADAR Tracking Roket*", SNATI UII 2008.
 31. **Wahyu Widada**, "*Simulasi Kombinasi Sinyal RADAR dan GPS Modem Untuk Radio Transponder Roket*", Prosiding Seminar CITEE UGM 2011.

32. **Wahyu Widada**, "*Desain Sistem Passive RADAR Radio UHF untuk Aplikasi Uji Terbang Raket*," SITIA 2008.
33. **Wahyu Widada** dan Sri Kliwati, "*Pengembangan RADAR Signal Generator untuk Aplikasi Tracking Trayektori Raket Jarak Jauh*", SNT IV UTY 2008.
34. **Wahyu Widada**, Sridana Windya, Sri Kliwati, "*Frekuensi Adaptif Sinyal Pandu Untuk Radar Transponder Wahana Terbang*", Paten Nasional (P00201507156), dalam proses LAPAN 2015.
35. **Wahyu Widada** dan Sri Kliwati, "*Metoda Kontrol Frekuensi Pulsa Signal RADAR Sekunder terhadap Maksimum Jarak Jangkauan Raket Secara Otomatis*", Seminar on Intelligent Technology and Its Applications, SITIA 2009, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, ITS, Surabaya, 14 Oktober 2009.
36. **Wahyu Widada**, "*Pengembangan Prototipe Radio Transmitter UHF untuk Sistem RADAR Sekunder Tracking Raket*," SNMI 4 2008.
37. **Wahyu Widada** dan Sri Kliwati, "*Stabilisasi dan Kontrol Frekuensi Radio Signal dengan PLL untuk Aplikasi Sistem Secondary RADAR*," National Conference: Design and Application of Technology 2008.
38. **Wahyu Widada**, "*Metode Pengaturan Frekuensi Secara Acak pada Radio Transponder untuk Sistem RADAR sekunder Raket*", KOMMIT 2008.
39. **Wahyu Widada**, "*Realtime Data Akuisisi Berbasis Digital Oscilloscope dan PC untuk Aplikasi RADAR Sekunder Raket*", Semnas VII Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri 2008.

40. **Wahyu Widada** dan Sri Kliwati, “*Aplikasi High Speed Microprocessor AVR32 untuk Pemrosesan Data RADAR Sekunder*”, Seminar Nasional Teknoin 2009, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, 14 Nopember 2009.
41. **Wahyu Widada**, “*Kombinasi Vb dan Matlab untuk pemrosesan sinyal radar transponder roket*”, Prosiding seminar nasional ke 7 tahun 2012 Rekrayasa Teknologi Industri dan Informasi , Sekolah tinggi teknologi nasional Yogyakarta. ISSN 1907-5995.
42. **Wahyu Widada**, “*Metode Kalibrasi Time Different of Arrival TDOA untuk Sistem Passive RADAR Trayektori Raket*”, Jurnal Teknologi Dirgantara, Vol 5, No.2 Desember (2007).
43. **Wahyu Widada**, “*Metode Kalibrasi RADAR Transponder Raket Menggunakan Data GPS (Calibration Method Of RADAR Transponder For Rocket Using GPS Data)*”, Vol 10 No.1 Juni 2012.
44. **Wahyu Widada**, “*Kalibrasi Prototipe Sistem Radar Sekunder untuk Raket Menggunakan Data GPS*”, Seminar Nasional VIII Rekrayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri Bandung, 24-25 November 2009.
45. **Wahyu Widada**, “*Ujicoba Protipe Radar Sekunder Untuk Deteksi Jarak Peluncuran Raket RX100*”, Basic Science Nasional Seminar, Malang, 20 Februari 2010.
46. **Wahyu Widada**, Warsito, “*Pemantau Pergerakan Raket 3 Dimensi Menggunakan Crossband Radio Repeater*”, Sertifikat Paten Nasional No.38021, tanggal pemberian 12 Maret 2015 (No permohonan Paten : P00201000604)

47. Sri Kliwati, **Wahyu Widada**, "*Pengembangan antena pada tabung roket frekuensi 461.5 MHz*", Proceeding Seminar Nasional Iptek Dirgantara IX, (202-204) 2005. ISBN 979-8554-90-6.
48. **Wahyu Widada**, "*Metode Double Exponential Smoothing untuk Estimasi Posisi Roket Menggunakan RADAR Transponder (Double Exponential Smoothing Methods for Estimating Position Rocket Using RADAR Transponder)*", Jurnal Teknologi Dirgantara, Vol. 13 No. 2 Desember 2015.
49. **Wahyu Widada** dan Sri Kliwati, "*Interpolasi Data Sampling untuk Meningkatkan Akurasi Pengukuran RADAR Sekunder Roket*", Seminar Nasional Teknologi Simulasi V, Teknosim V, KPTU, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, 12 Nopember 2009.
50. **Wahyu Widada**, "*Algoritma Envelope Deteksi untuk Meningkatkan Akurasi Pengukuran RADAR Sekunder Roket*". Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi, SNTI 2009. Universitas Tarumanagara, Jakarta, 24 Oktober 2009.
51. **Wahyu Widada** dan Sri Kliwati, "*Eliminasi Noise Signal RADAR Sekunder Menggunakan Fourier Filter*", Konferensi Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi Knastik 2009, Universitas Kristen Duta Wacana, UKDW, Yogyakarta, 9 Nopember 2009.
52. **Wahyu Widada**, "*Kombinasi Radar Transponder dan Doppler Radio Pengukur Jarak dan Kecepatan Roket Secara Simultan*", Sertifikat Paten Nasional No.35697 tanggal pemberian 12 Oktober 2016, (No permohonan Paten : P00201300463).

53. **Wahyu Widada** , Sridana Windya, Sri Kliwati, ”*Sistem Pelacak Posisi dan Kecepatan Peluncuran Roket Jamak Menggunakan Multi Frekuensi Transponder*”, Paten Nasional (P00201507158) dalam proses LAPAN 2015.
54. **Wahyu Widada**, “*Doppler Radio Untuk Pengukuran Kecepatan Uji Terbang Roket RX200*”, Bagian Buku Teknologi Pesawat Terbang sebagai Mitra Pengembangan Teknologi Roket dan Satelit Juni 2015. ISBN: 978-602-70353-3-1.
55. **Wahyu Widada**,”*Metode Tracking Kecepatan Roket Menggunakan Transpoder Doppler Dua-Frekuensi (Rocket Speed Tracking Method Using Two-Frequency Doppler Transponder)*”, Jurnal Teknologi Dirgantara, Vol.11 No.1 Juni 2013.
56. **Wahyu Widada**, “*Metoda Koreksi Otomatis Efek Doppler Untuk Radio Penerima Tracking Roket*”, Bagian Buku Hasil Penelitian dan Pemikiran Ilmiah Tentang Teknologi Pesawat Terbang November 2014. ISBN: 978-602-19463-9-8.
57. **Wahyu Widada**, "*Aplikasi Mikrokontroller untuk Deteksi Frekuensi Doppler Radio Tracking*", Prosiding Seminar Nasional Ke 8 Tahun 2013 Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi Green Technology untuk Kelestarian Sumber Daya Alam Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta, ISSN 1907-5995.
58. **Wahyu Widada**,”*Realtime data akusisi berbasis usb-fifo untuk sistem doppler tracking roket* “, Seminar Nasional Teknik Informatika 2013, UPN Yogyakarta, ISSN 1979-2328.

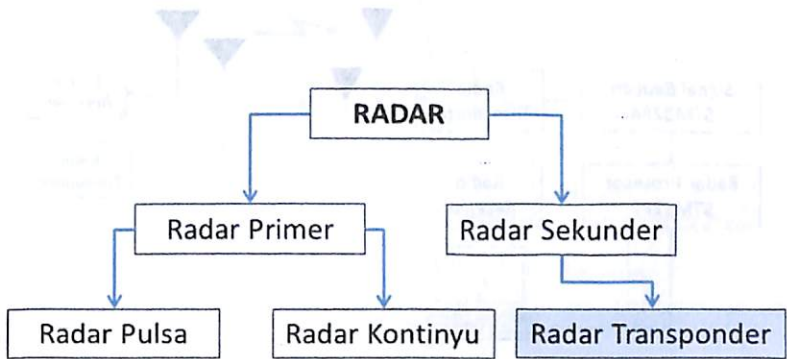
59. **Wahyu Widada**, Satria Gunawan Zain, Sri Kliwati, "*Antena Cross Yagi-Uda Untuk Deteksi Arah Pergerakan Raket*", Sertifikat Paten Nasional No.35866 tanggal pemberian 21 April 2014 (No permohonan Paten : P00201000603).
60. Satria Gunawan Zain, Adhi Susanto, Thomas Sri Widodo, **Wahyu Widada**, "*Algoritma DETEKSI Sudut Azimuth dan Elevasi Raket Menggunakan Sembilan Antena Array Yagi-Uda*", Jurnal Teknologi Dirgantara, Vol 9, No. 1 Juni (2011).
61. Satria Gunawan Zain, Adhi Susanto, Thomas Sri Widodo, Sri Kliwati, **Wahyu Widada**, "*Penerapan Los Pass Filter untuk Mmperbaiki Hasil Estimasi Sudut pada Sistem Radio Tracking Raket*", Jurnal Teknologi Dirgantara, Vol. 8 No.1 Juni 2010.
62. Satria G. Zain, Adi Susanto, Thomas Sri Widodo, **Wahyu Widada**, Sri Kliwati, "*Pengembangan Detektor Signal Radio Multi Channel untuk Radio Tracking Raket Menggunakan Logaritmik Amplifier*", Jurnal Teknologi Dirgantara, Vol 6, No.2 Desember (2008).
63. Hidayät, R. ; Fac. of Eng., Gadjah Mada Univ., Yogyakarta, Indonesia ; Rifai, I.N. ; **Widada, Wahyu** ; Adi, A.P. "*Doppler Circular Array Antena Principle for Determining Azimuth Angle of Radio Transmitter*", Intelligent Signal Processing and Communications Systems (ISPACS), 7-9 Dec. 2011.
64. Isnan Nur Rifai, Risanuri Hidayat, **Wahyu Widada**, Andreas Prasetya Adi," *Bandpass Filter Untuk Estimasi Sudut Azimuth Berbasis Doppler Antena*", Prosiding Seminar Nasional RADAR Jakarta April 2011.

65. Sri Kliwati dan **Wahyu Widada**, "*Digital Delay Interpolation Filter untuk Parallel Processing pada Multi Kanal Radio Tracking Raket*", SNASTI 2008.
66. Satria Gunawān Z., Adhi Susanto, Thomas S. Widodo, dan **Wahyu Widada**, "*Prediksi Sudut Terima Antena Radio Tracking dari Pemancar di Payload Raket*," SITIA 2008.
67. **Wahyu Widada**, "*Linier Array Antena untuk Deteksi Sudut Azimuth pada Sistem Secondary RADAR*," National Conference: Design and Application of Technology 2008.
68. Satria Gunawan Z., **Wahyu Widada**, dan Sri Kliwati, "*Radio Tracking System for Balistic Rocket Flight Test*", IJSE 2008.
69. Satria Gunawan Zain, Adi Susanto, **Wahyu Widada**, "*Simulasi Pengaruh Perubahan Sudut Pancar Transmitter Pada Raket Jarak Jauh Terhadap Power Radio Receiver Antena Yagi*". Prosiding SRITI 2007 Yogyakarta.
70. Sri Kliwati dan **Wahyu Widada**, "*Metode Tracking 3-Dimensi untuk Trayektori Raket dengan Kombinasi Altimeter dan Array Crossed-Yagi Antena*", IES 2008.
71. Sri Kliwati dan **Wahyu Widada**, "*Sistem 3D Tracking Peluncuran Raket Berbasis RADAR Sekunder dan Array Yagi Antena*", SIPTEKGAN XII 2008.
72. **Wahyu Widada**, "*Aplikasi Exponential Filter untuk Meningkatkan Akurasi Sistem Tracking 3-D Raket menggunakan RADAR Sekunder*", SNTI 2008.
73. **Wahyu Widada** , Sridana Windya, Sri Kliwati, "*Repeater Radar Transponder Menggunakan Pesawat Udara Tanpa*

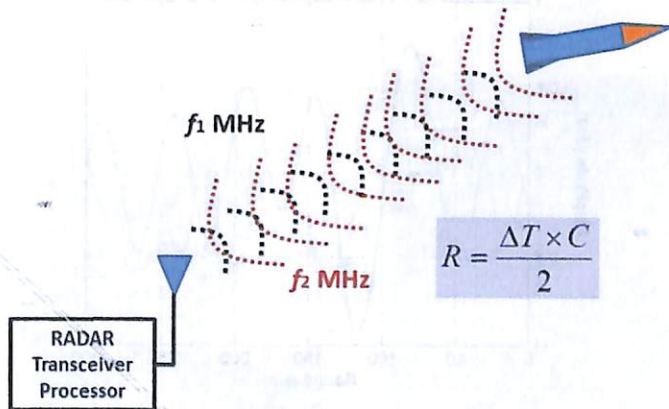
- Awak*”, Paten Nasional (P00201507157), dalam proses LAPAN 2015.
74. **Wahyu Widada**,”*Simulasi Pengaruh Penempatan Receiver RADAR sekunder terhadap Akurasi Tracking 3-Dimensi Roket*”, TEKNOSIM 2008.
 75. **Wahyu Widada**, “*Tracking Uji Terbang Roket RX200 Menggunakan Radar Transponder*”, Bagian Buku Teknologi Pesawat Terbang sebagai Mitra Pengembangan Teknologi Roket dan Satelit Juni 2015. ISBN: 978-602-70353-3-1.
 76. **Wahyu Widada**,”*Tracking Roket RX100 Menggunakan Stasiun Tunggal RADAR Transponder*”, the 5th National Conference on Information Technology and Electrical Engineering 2013. ISSN : 2085-6350
 77. **Wahyu Widada**,”*Aplikasi RADAR Transponder Untuk Tracking Uji Peluncuran Roket RX200*”, Prosiding Seminar Nasional RADAR Jakarta April 2011.
 78. Wiesbeck, Werner and Sit, Leen and Younis, Marwan and Krieger, Gerhard and Moreira, Alberto (2015) RADAR 2020; “*The Future Of RADAR Systems*”. In: Proceedings of the IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS). IEEE. IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2015-07-26 - 2015-07-31, Milan, Italy.
 79. William L. Melvin, James A. Scheer (Editor),”*Principles of Modern Radar (Electromagnetics and Radar)*”, Published by SciTech Publishing, an imprint of the IET 2014.

80. Mark A. Richards, James A. Scheer, William A. Holm, "*Principles of Modern Radar: Basic Principles*", Published by SciTech Publishing, an imprint of the IET 2014.
81. Bassem R. Mahafza, "*Radar Signal Analysis and Processing Using MATLAB*", CRC Press 2008.
82. SKOLNIK, "*Introduction to Radar Systems*", McGRAW-HILL BOOK COMPANY August 10, 2006.

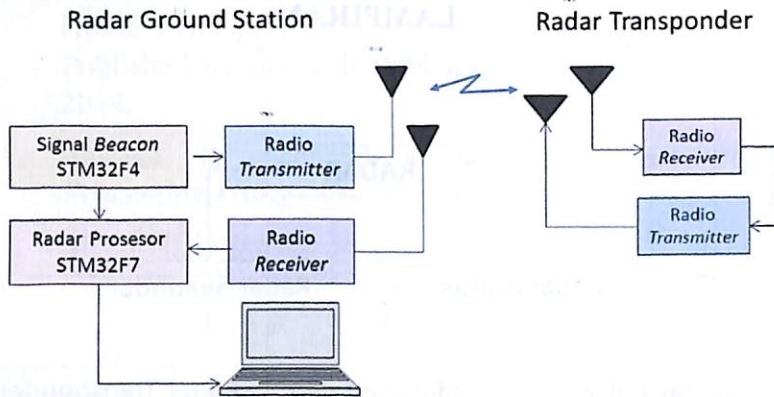
LAMPIRAN



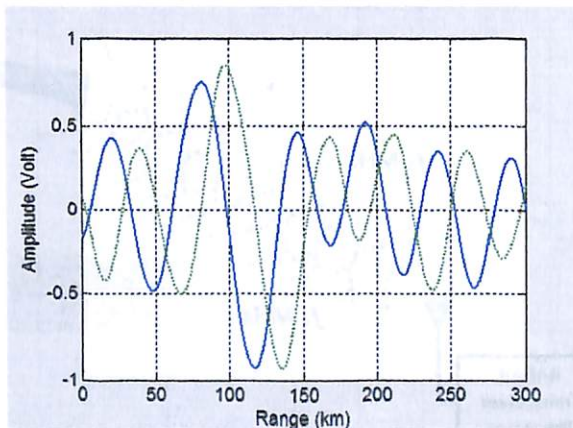
Gambar 1. Klarifikasi jenis radar



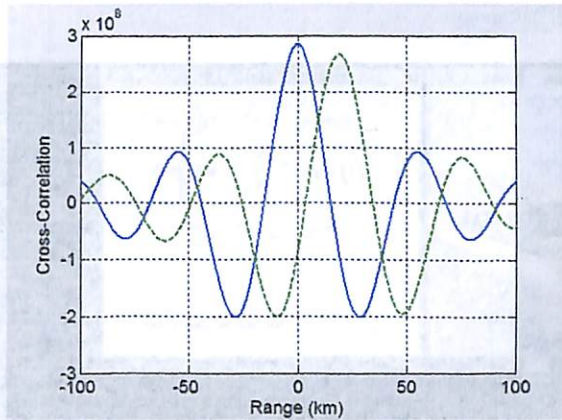
Gambar 2. Sistem radar *transponder* untuk pelacak roket



Gambar 3. Blok diagram sistem radar *transponder*

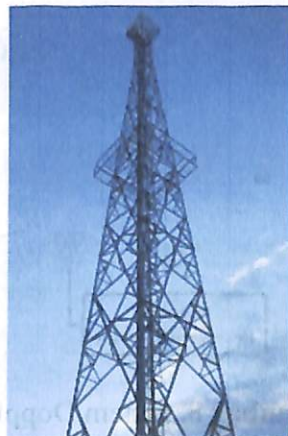


Gambar 4. Hasil eksperimen signal *beacon* untuk mengukur jarak dengan kombinasi frekuensi, referensi sinyal warna biru (garis lurus), sinyal pada jarak 19.0 km warna hijau (titik-titik) (data uji RHAN-450)

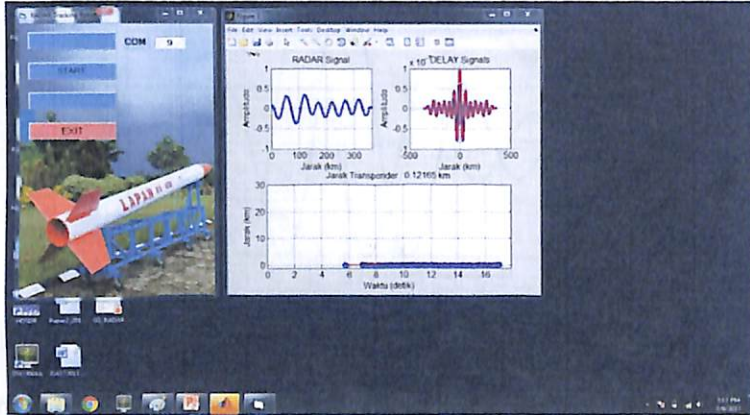


Gambar 5. Contoh hasil eksperimen *cross-correlation* antara signal *beacon* pada saat nol meter dan pada jarak 19.0 km (data uji RHAN-450)

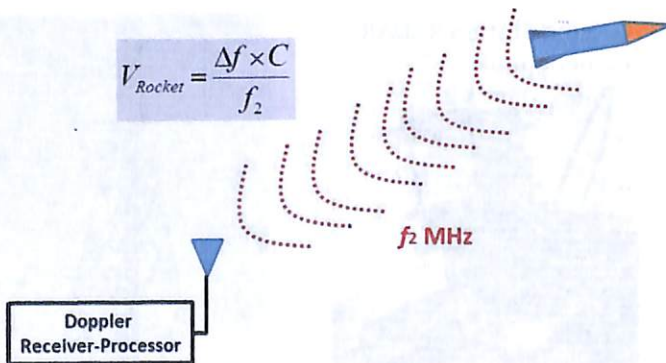
Ground Station RADAR
Pamengpeuk



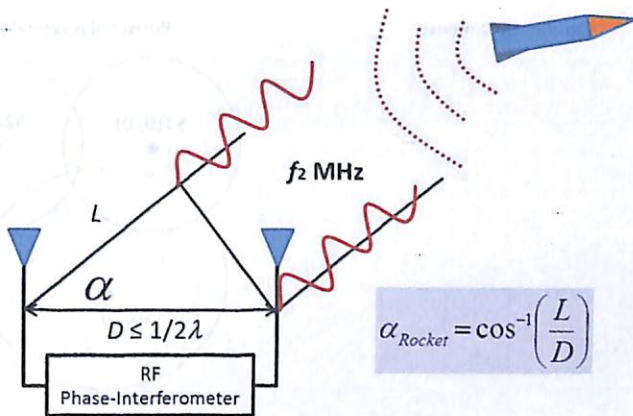
Gambar 6. Stasiun monitor dan tower antena di Pamengpeuk Garut, Jawa Barat



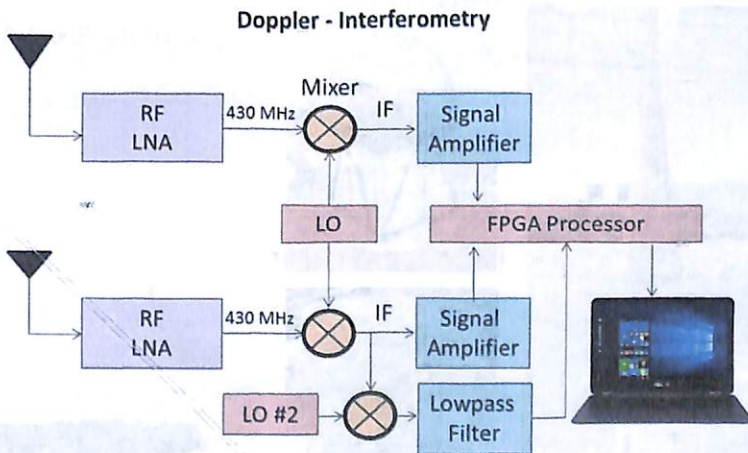
Gambar 7. Software sistem radar berbasis PC



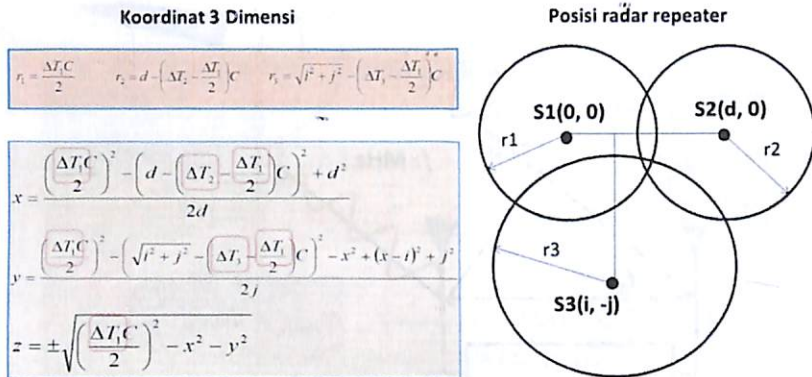
Gambar 8. Sistem Doppler transponder untuk pelacak roket



Gambar 9. Sistem *interferometer* untuk pelacak roket



Gambar 10. Blok diagram sistem Doppler *interferometer*



Gambar 11. Metoda *multi-lateration* 3 Dimensi radar transponder pelacak roket


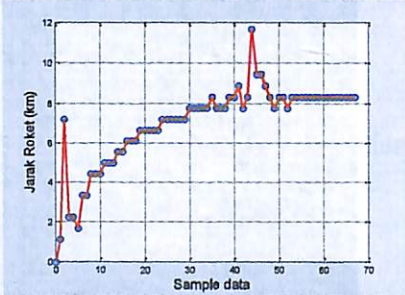


Gambar 12. *Payload* radar transponder roket RHAN-450



Gambar 13. Peta lokasi stasiun uji peluncuran roket LAPAN di Pamengpeuk Garut Jawa Barat.

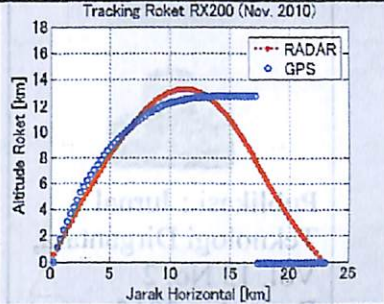
Tabel 1. Hasil eksperimen radar untuk uji terbang roket

No.	Tipe Roket	Hasil Eksperimen Pelacakan Roket LAPAN dan Balibang Kemhan di Pamengpeuk
1.	<p>RX-100 (LAPAN) Desember 2009</p>  <p>Publikasi: “<i>Prosiding Basic Science</i>”, Malang, 2010.</p> <p>Menggunakan prosesor 8 bit Atmel 8 bit ADC 275 MSPS, DAC 8 bit, algoritma domain waktu <i>cross correlation</i>. Single frekuensi transponder. Resolusi 500 m, sampling rate 0.8 Hz.</p>	 <p>Waktu terbang roket selama 53 detik dan jangkauan mencapai 8.3 km</p>
2.	<p>RX-200 (LAPAN) November 2010</p>	



Publikasi: “Prosiding Seminar Nasional RADAR”, Jakarta 2011.

Bersama pelacak GPS untuk perbandingan data. Menggunakan prosesor 8 bit Atmel XMega ADC 1 MSPS, DAC 8 bit, algoritma domain waktu *cross correlation*. Single frekuensi *transponder*. Resolusi 150 m, *sampling rate* 5 Hz.



Waktu terbang roket selama 71 detik dan jangkauan mencapai 13 km

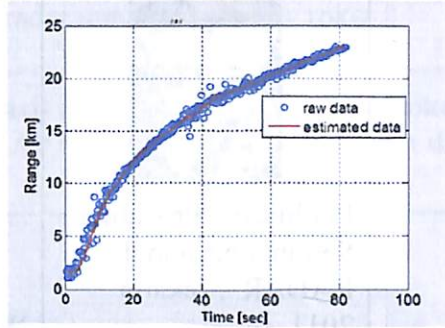
3. RHAN-200 (Balitbang Kemhan)
November 2012



Publikasi : Jurnal
Teknologi Dirgantara,
Vol. 13 No. 2
Desember 2015

Menggunakan *digital filtering (Exponential Filtering)* untuk memproses data uji terbang.

Menggunakan prosesor 8 bit Atmel XMega ADC 1 MSPS, DAC 8 bit, algoritma domain waktu *cross correlation*. Single frekuensi transponder. Resolusi 150 m, *sampling rate* 5 Hz.



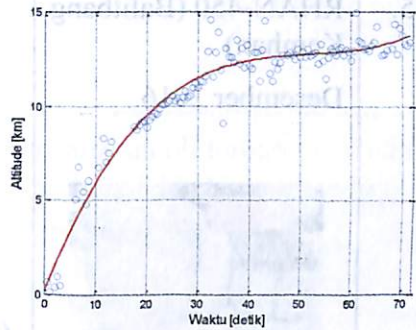
Waktu terbang roket selama 71 detik dan jangkauan mencapai 24.5 km

4. RHAN-2020
(Balitbang Kemhan)
November 2013

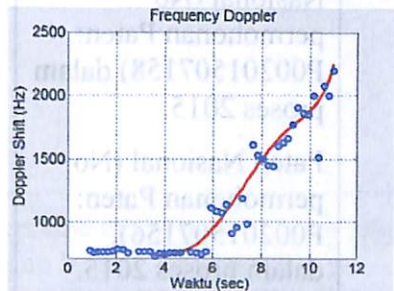


Publikasi: Sertifikat
Paten Nasional
No.35697 tanggal
pemberian 12 Oktober
2016, (No
permohonan Paten:
P00201300463).

Menggunakan
prosesor 8 bit Atmel
XMega ADC 1
MSPS, DAC 8 bit,
algoritma domain
frekuensi *cross
correlation*. Single
frekuensi *transponder*.
Resolusi 150 m,
sampling rate 5 Hz.
Digital Kalman
filtering.



Waktu terbang roket selama 72 detik
dan jangkauan mencapai 9.6 km



Frekuensi Doppler (hanya 7 detik)

5. RHAN-450 (Balitbang
Kemhan)

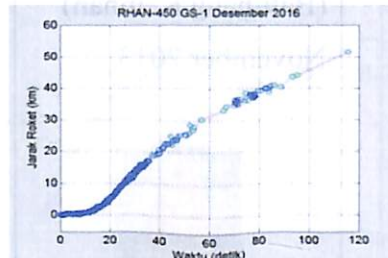
Desember 2016



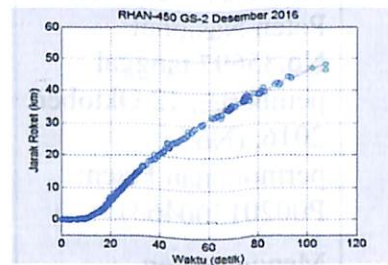
Publikasi: Paten Nasional (No permohonan Paten: P00201507158) dalam proses 2015.

Paten Nasional (No permohonan Paten: P00201507156), dalam proses 2015.

Menggunakan prosesor 32 bit STM32F7 12 ADC (analog to digital Converter) 2.0 MSPS, algoritma domain frekuensi *cross correlation*. Multi frekuensi *transponder*. Menggunakan *beacon*





(*Transponder* frekuensi ke-1, 433.25 MHz)



(*Transponder* frekuensi ke-2, 443.25 MHz)

Waktu terbang roket selama 118 detik dan jangkauan mencapai 52 km. Kedua *transponder* hasilnya sangat mirip.

<https://www.youtube.com/watch?v=gEXCdkTelpw>

	<p>dengan <i>dual-tone</i>. Resolusi 75 m, <i>sampling rate</i> 10 Hz.</p>	
<p>6.</p>	<p>RX-450 (LAPAN) November 2017</p>  <p>Menggunakan antena hasil riset baru <i>dual-band</i> antena helik. Resolusi 75 m, <i>sampling rate</i> 10 Hz.</p>	<p>Direncanakan uji terbang pada bulan November 2017. Menguji antena <i>dual band</i> helik.</p>
<p>7.</p>	<p>Radar Doppler <i>Transponder</i> Untuk Roket Kaliber kecil (70 mm)</p> 	<p>Roket tipe kecil, memerlukan antena dengan bentuk dan lokasi penempatan yang terbatas. Riset ini berhasil mengembangkan antena dengan bentuk yang fleksibel. Keduanya dapat digunakan untuk aplikasi uji terbang roket tipe kecil dengan tabung peluncur dan <i>nose-cone</i> berbahan metal.</p>

	<p>Menggunakan antena hasil riset terbaru <i>dual-band</i> antena untuk bodi roket. Doppler pengukur jarak untuk resolusi tinggi digunakan untuk roket jarak pendek</p>	
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

DAFTAR PUBLIKASI ILMIAH

Patent Nasional

1. **Wahyu Widada, Wahyudi, Sri Kliwati,**”*Sistem Pengukuran Gerak 6 Derajat Kebebasan Roket Menggunakan Multi Sensor Dengan Otomasisasi Level Sensivitas*”, Sertifikat Paten Nasional No.**35697** tanggal pemberian 14 Maret 2014 (No permohonan Paten : P00201100193).
2. **Wahyu Widada, Satria Gunawan Zain, Sri Kliwati,**”*Antena Cross Yagi-Uda Untuk Deteksi Arah Pergerakan Roket*”, Sertifikat Paten Nasional. No.**35866** tanggal pemberian 21 April 2014 (No permohonan Paten : P00201000603).
3. **Wahyu Widada, Warsito,**”*Pemantau Pergerakan Roket 3 Dimensi Menggunakan Crossband Radio Repeater*”, Sertifikat Paten Nasional No.**38021**, tanggal pemberian 12 Maret 2015 (No permohonan Paten : P00201000604)
4. Oskar Riandi, **Wahyu Widada, dkk,**”*Sistem Penghasil Risalah dan Ringkasan Risalah Pertemuan*”, Sertifikat Paten Nasional No.**27899** tanggal pemberian 28 March 2011 (No permohonan Paten : P00200900781).
5. **Wahyu Widada,**”*Kombinasi Radar Transponder dan Doppler Radio Pengukur Jarak dan Kecepatan Roket Secara Simultan*”, Sertifikat Paten Nasional No.**35697** tanggal pemberian 12 Oktober 2016, (No permohonan Paten: P00201300463).
6. **Wahyu Widada, Sridana Windya, Sri Kliwati,**”*Aktifasi granted Sistem Terminasi Penerbangan Menggunakan*

- Kode Perintah Suara*", Paten Nasional (No permohonan Paten : P00201507159), dalam proses 2015.
7. **Wahyu Widada**, Sridana Windya, Sri Kliwati, "*Repeater Radar Transponder Menggunakan Pesawat Udara Tanpa Awak*", Paten Nasional (No permohonan Paten : P00201507157), dalam proses 2015.
 8. **Wahyu Widada**, Sridana Windya, Sri Kliwati, "*Integrasi Komunikasi Sistem Terminasi Penerbangan Dan Pengukuran Jarak Wahana Terbang Menggunakan Transponder Radio*", Paten Nasional (No permohonan Paten : P00201507160), dalam proses 2015.
 9. **Wahyu Widada**, Sridana Windya, Sri Kliwati, "*Frekuensi Adaptif Sinyal Pandu Untuk Radar Transponder Wahana Terbang*", Paten Nasional (No permohonan Paten : P00201507156), dalam proses 2015.
 10. **Wahyu Widada** , Sridana Windya, Sri Kliwati, "*Sistem Pelacak Posisi dan Kecepatan Peluncuran Roket Jamak Menggunakan Multi Frekuensi Transponder*", Paten Nasional (No permohonan Paten : P00201507158) dalam proses 2015.
 11. **Wahyu Widada**, Imamul Muttakin, Arbai Yusuf, "*Pengaturan Rentang Pengukuran, Penguatan, Dan DC Offset Pada Sistem Tomografi Kapasitansi Listrik*", (No permohonan Paten: P00201600088) dalam proses 2016.
 12. **Wahyu Widada**, Arbai Yusuf, Imamul Muttakin, "*Metode Kompensasi Kapasitansi Parasitik Pada Tomography Listrik*", Paten Nasional (No permohonan Paten: P00201600087) dalam proses 2016.

Buku atau Bagian Buku

13. **Wahyu widada**, "*Tracking Uji Terbang Raket RX200 Menggunakan Radar Transponder*", Bagian Buku Teknologi Pesawat Terbang sebagai Mitra Pengembangan Teknologi Raket dan Satelit Juni 2015. ISBN: 978-602-70353-3-1.
14. **Wahyu Widada**, "*Doppler Radio Untuk Pengukuran Kecepatan Uji Terbang Raket RX200*", Bagian Buku Teknologi Pesawat Terbang sebagai Mitra Pengembangan Teknologi Raket dan Satelit Juni 2015. ISBN: 978-602-70353-3-1.
15. **Wahyu Widada**, "*Metoda Koreksi Otomatis Efek Doppler Untuk Radio Penerima Tracking Raket*", Bagian Buku Hasil Penelitian dan Pemikiran Ilmiah Tentang Teknologi Pesawat Terbang November 2014. ISBN: 978-602-19463-9-8.

Jurnal Internasional

16. Romi Wiryadinata, Oyas Wahyunggoro, **Wahyu Widada**, Sunarno, M. Imam Santoso, "*Modification Of Strapdown Inertial Navigation System Algorithm For Rocket Flight Test*", Journal of Theoretical and Applied Information Technology 20th February 2015 Vol. 72. No. 2 2015. Elsevier SCOPUS
<http://www.jatit.org/volumes/seventytwo2.php>, ISSN: 1992-8645.
17. Imamul Muttakin, Rohmadi Rohmadi, **Wahyu Widada**, Warsito P. Taruno, "*Design and Simulation of Quadrature Phase Detection in Electrical Capacitance Volume Tomography*", Journal TELKOMNIKA

Telecommunication, Computing, Electronics and Control.
Vol 13, No 1 March 2015.

18. Wahyuudi, Adhi Susanto, **Wahyu Widada**, and Sasongko P. Hadi, "*Simultaneous Calibration for MEMS Gyroscopes of the Rocket IMU*", Advanced Materials Research Vol. 896 (2014) pp 656-659 Online available since 2014/Feb/19 at www.scientific.net © (2014) Trans Tech Publications, Switzerland Elsevier SCOPUS, doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.896.656, ISSN: 1662-8985.
19. Taruno, Warsito P.; Baidillah, Marlin R.; Sulaiman, Rommy I.; Widora, Ifnia; **Widada, Wahyu**; Aljohani, Mohammad S.; Suharyanto H., Frans X., "*Comparisons of Electrical Capacitance Volume Tomography and Ultrasonography for Breast Cancer Detection*", Advanced Science, Engineering and Medicine, Volume 6, Number 8, August 2014, pp. 845-848(4).
20. **Wahyu Widada**, Hideki Kinjo, Hiroaki Kuze, Nobuo Takeuchi, Makoto Sasaki, "*Effect of Multiple Scattering in the Lidar Measurement of Tropospheric Aerosol Extinction Profiles*", Optical Review September 2001, Volume 8, Issue 5, pp 382-387.
21. **Wahyu Widada**, Nobuo Takeuchi, Hiroaki Kuze, Akira Tadaishi, Shin Shimakura, "*Signal Penetration into Thick Clouds Studied by Multi-Layer Data Observed with a Micro-Pulse Lidar*", Optical Review January 2000, Volume 7, Issue 1, pp 95-100.
22. **Wahyu Widada**, Hiroaki Kuze, Yanqun Xue, Kazuhito Maeda, Nobuo Takeuchi, "*Long-path Monitoring of Atmospheric Aerosol Extinction with an Automated Laser*

Positioning System", Review of Scientific Instruments 01/2000; 71(2):546-550. DOI:10.1063/1.1150238 · 1.61 Impact Factor.

Jurnal Nasional

23. **Wahyu Widada**, "*Metode Double Exponential Smoothing untuk Estimasi Posisi Roket Menggunakan RADAR Transponder (Double Exponential Smoothing Methods for Estimating Position Rocket Using RADAR Transponder)*", Jurnal Teknologi Dirgantara, Vol. 13 No. 2 Desember 2015.
24. **Wahyu Widada**, "*Metode Adaptif Frekuensi-Cutoff untuk Complementary Filter pada Accelerometer dan Gyroscope untuk Sudut Pitch dan Roll Wahana Terbang (Adaptive Cutoff-Frequency Method for Complementary Filter of Accelerometer and Gyroscope for Pitch and Roll Angles Flight)*", Jurnal Teknologi Dirgantara, Vol.13 No. 1 Juni 2015.
25. **Wahyu Widada**, "*Kontrol Jarak Jauh Berbasis Multi Tone untuk Sistem Terminasi Penerbangan Roket (Multi - Tone Based Remote Control for Rocket Flight Termination System)*", Jurnal Teknologi Dirgantara, Vol. 12 No. 2 Desember 2014.
26. **Wahyu Widada**, "*Metode Penggabungan Beberapa Penerima GPS untuk Meningkatkan Akurasi dan Keandalan Sistem Penjejak Roket Balistik (Method of Combining Multi-GPS Receivers to Improve Accuracy and Reliability of The Tracking System of Sounding Rocket)*", Jurnal Teknologi Dirgantara, Vol. 12 No. 1 Juni 2014.

27. **Wahyu Widada,** "Metode Tracking Kecepatan Roket Menggunakan Transponder Doppler Dua-Frekuensi (Rocket Speed Tracking Method Using Two-Frequency Doppler Transponder)", Jurnal Teknologi Dirgantara, Vol.11 No.1 Juni 2013.
28. **Wahyu Widada,** "Metode Kalibrasi RADAR Transponder Roket Menggunakan Data GPS (Calibration Method Of RADAR Transponder For Rocket Using GPS Data)", Vol 10 No.1 Juni 2012.
29. Satria Gunawan Zain, Adhi Susanto, Thomas Sri Widodo, **Wahyu Widada,** "Algoritma DETEKSI Sudut Azimuth dan Elevasi Roket Menggunakan Sembilan Antena Array Yagi-Uda", Jurnal Teknologi Dirgantara, Vol 9, No. 1 Juni (2011).
30. Romi Wiryadinata, **Wahyu Widada,** "Modifikasi Persamaan Quaternion pada Agoritma INS untuk Aplikasi Roket", Jurnal Teknologi Dirgantara, Vol 8, No.2 Desember (2010).
31. Satria Gunawan Zain, Adhi Susanto, Thomas Sri Widodo, Sri Kliwati, **Wahyu Widada,** "Penerapan Los Pass Filter untuk Mmperbaiki Hasil Estimasi Sudut pada Sistem Radio Tracking Roket", Jurnal Teknologi Dirgantara, Vol. 8 No.1 Juni 2010.
32. Agus Harno Nurdin Syah, Sri Kliwati, **WahyuWidada,** "On-Board Fundamental Frequency Estimation of Rocket Flight Experiments Using DSP Microcontroller and Accelerometer", Jurnal Teknologi Dirgantara, Vol 7, No.1 Juni (2009).
33. Satria G. Zain, Adi Susanto, Thomas Sri Widodo, **Wahyu Widada,** Sri Kliwati, "Pengembangan Detektor

- Signal Radio Multi Channel untuk Radio Tracking Roket Menggunakan Logaritmik Amplifier*", Jurnal Teknologi Dirgantara, Vol 6, No.2 Desember (2008).
34. **Wahyu Widada** dan Sri Kliwati, "*Metode Kalibrasi Time Different of Arrival TDOA untuk Sistem Passive RADAR Trayektori Roket*", Jurnal Teknologi Dirgantara, Vol 5, No.2 Desember (2007).
 35. **Wahyu Widada**, "*Rancang Bangun Prototipe Sistem Heading Autopilot Berbasis Rate-Gyroscope dan Microcontroller*", Jurnal Teknologi Dirgantara, Vol 4, No.2 Desember (2006).
 36. **Wahyu Widada**, "*Pengembangan Modem AFSK untuk Telemetri Muatan Roket UHF*", Jurnal Teknologi Dirgantara, Vol 4, No.1 Juni (2006).
 37. **Wahyu Widada**, Sri Kliwati, "*Kalibrasi Accelerometer Untuk Sistem Pengukuran Vibrasi Roket*", Jurnal Antariksa nasional Vol 11 No. 1 Maret 2005. ISSN 1411-5042.
 38. **Wahyu Widada**, "*Pengujian 3-Axis Accelerometer Sebagai Tilt- Sensing dengan Visualisasi Grafik OpenGL*", Jurnal Antariksa Nasional Vol.11 No.1 Maret 2005. ISSN 1411-5042.
 39. **Wahyu Widada**, "*Rancangbangun Sistem Flight-recorder Sederhana untuk Peluncuran Roket*", Jurnal Teknologi Dirgantara 2004. ISSN 1412-8063
 40. Sri Kliwati dan **Wahyu Widada**, "*Rancangbangun dan analisa antena pada permukaan badan roket*", Jurnal Teknologi Dirgantara. Vol. 2 No.1 Juni 2004. ISSN 1412-8063.

41. Ari Sugeng Budiyanta, Effendi Dodi Arisandi, **W. Widada**, "Pemantauan Wahana Bergerak Dengan Media Komunikasi Hand Phone", Jurnal Antariksa Nasional Vol.10 No.2, Desember 2004, p. 20-26 ISSN 1411-5042.
42. **Wahyu Widada**, "GPS-based Prediction of the Real-time Trajectory for a Ballistic Rokat" Jurnal Teknologi Dirgantara Vol 1 No. 1 (2003).

Prosiding Internasional

43. Sridana Windya , Andreas Prasetya Adi, Sri Kliwati, Efendi Dodi Arisandi, **Wahyu Widada**, "Development of Flight Termination System Receiver Utilizing FFT Algorithm", ISAST Desember 2016.
44. Muttakin I, Yusuf A, Rohmadi, **Widada W**, Taruno WP. "Hardware Design for Quadrature Phase Detection Algorithm in ECVT", Proceeding of the 2014 International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics (EECSI). 2014: 232-235...
45. Taruno, W.P. Baidillah, M.R. ; Sulaiman, R.I. ; Ihsan, M.F. ; Yusuf, A. ; **Widada, W.** ; Aljohani, M., "Brain Tumor Detection Using Electrical Capacitance Volume Tomography (ECVT)", Neural Engineering (NER), 2013 6th International IEEE/EMBS 6-8 Nov. 2013.
46. Yusuf, A.; **Widada, W.**; Taruno, W.P., "Design of Capacitance Measurement Circuit for Data Acquisition System ECVT", Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE), 7-8 Oct.2013.
47. Hidayat, R. ; Fac. of Eng., Gadjah Mada Univ., Yogyakarta, Indonesia ; Rifai, I.N. ; **Widada, Wahyu** ; Adi, A.P. "Doppler Circular Array Antena Principle for Determining

- Azimuth Angle of Radio Transmitter*", Intelligent Signal Processing and Communications Systems (ISPACS), 7-9 Dec. 2011.
48. Arba'i Yusuf, **Widada, W.** Warsito, "*Development of the Data Acquisition System for the 32-channel Electrical Capacitance Volume Tomography*", TENCON 2011 - 2011 IEEE Region 10 Conference, 21-24 Nov. 2011.
 49. Wahyudi, Adhi Susanto, Sasongko Pramono, **Wahyu Widada** , "*A Comparison between Exponential Filter and FIR Filter on Accelerometer Data Acquisition*", The 11 International Conference on QiR (Quality in Research), Faculty of Engineering University of Indonesia, 3-6 Agustus 2009.
 50. Romi Wiryadinata, **Wahyu Widada** dan Thomas Sri Widodo, Sunarno, "*Comparison Measurement Result of IMU and GPS Carried in Vehicle for INS Algorithm*", The 11 International Conference on QIR (Quality in Research), Faculty of Engineering University of Indonesia. 3-6 Agustus 2009.
 51. **W. Widada**, H. Kuze, and N. Takeuchi, "*Iterative Correction of Multiple-Scattering Effects in Mie-Scattering Lidar Signals*", "International Conference of Laser Radar ILRC2002, Quebec, Canada (June, 2002).
 52. **Wahyu Widada** dkk, "*Iterative correction of multiple-scattering effects in Mie-scattering lidar signals*", Proceedings of CEReS International Symposium on Remote Sensing of the Atmosphere and Validation of Satellite Data, Chiba University, (2001) hal.154-158.
 53. **W. Widada**, M. Minomura, H. Kuze, and N. Takeuchi, "*Iterative Correction of Multiple-Scattering Effects in Mie-*

Scattering Lidar Signals," International Conference of CLEO/Pacific RIM 2001, Makuhari, Japan (June 15-19, 2001).

54. N. Takeuchi, T. Nakajima, T. Takamura, **W. Widada** and A. Tadashi, "*Cloud behavior in rainy season in Thailand observed by a lidar*", Workshop on GAME-T in Thailand, (March 2001).
55. S. Dewang, H. Zain, **W. Widada** and N. Takeuchi, "*Lidar Ratio Estimation of Aerosol and Cirrus Cloud in a Tropical Area, Using a MPL and a sky-radiometer*", International Conference on CECI-4, Jakarta March 7-8 (2001).
56. **W. Widada**, S. Kaneta, H. Kuze, and N. Takeuchi, "*Simultaneous Measurement of Atmospheric Refractive-Index Structure Constant by use of Laser Long-Path Propagation and Temperature Correlation* ", Japan Applied Physics Conference, (March 2001) in Japanese.
57. **W. Widada**, H. Kinjo, H. Kuze, N. Takeuchi and M. Sasaki, "*Effect of Multiple Scattering in the Lidar Measurement of Tropospheric Aerosol Extinction Profiles*", Japan Applied Physics Conference, (Sept. 2000)) in Japanese.
58. S. Dewang, H. Zain, **W. Widada**, and N. Takeuchi, "*Lidar ratio estimation at boundary layer of aerosol and cirrus cloud in a tropical area using a MPL and a sky-radiometer*" ICORG-2000, India (Feb. 2-5, 2000).
59. K. Maeda, **W. Widada**, K. Okaguchi, H. Kuze, and N. Takeuchi, "*Measurements of Aerosol and Atmospheric Turbulence by use of Laser Long-path Method*", Chiba University Environmental Research, Vol.25 (March 2000) in Japanese p.19.

60. **S. Dewang**, Takeuchi Nobuo, **W. Widada**, Hiroaki Kuze, S. Baimoung, "MPL dan Skyradiometer Untuk deteksi karakteristik optik awan", Prosiding Remote Sensing 28, B20 (May 2000).
61. **W. Widada**, H. Kuze and N. Takeuchi, "Phase function dependence of multiple scattering lidar signals," Proceeding of The Tenth International Workshop on Multiple Scattering Lidar Experiments, MUSCLE 10th, Florence, Italy (April 19-22, 1999) 135.
62. **S. Dewang**, **W. Widada**, H. Zain, N. Takeuchi, "Observation of Aerosol Extinction Coefficient by Using LIDAR", Proceedings of Temu Ilmiah VIII (1999).
63. **K. Maeda**, **W. Widada**, H. Kuze, and N. Takeuchi, "Pengukuran karakteristik aerosol di atmosphere menggunakan sinar laser (I)", Prosiding Fisika Aplikasi 31a-P10-7, (March 1999).
64. **W. Widada**, H. Kuze, and N. Takeuchi, "Pengaruh multiple scattering Lidar terhadap perubahan humiditas atmosphere", Prosiding Remote Sensing Japan (May 1999) 723.
65. **K. Maeda**, **W. Widada**, H. Kuze, and N. Takeuchi, "Pengukuran karakteristik aerosol di atmosphere menggunakan sinar laser (II)", Prosiding Fisika Aplikasi 3p-G/III (Sept. 1999).
66. **W. Widada**, H. Kuze, and N. Takeuchi, "Polarization Properties of Cloud and Urban -Aerosol Particles: Simulation and Observation with a Multiple Wavelength Lidar", Symposium Chemical Atmospheric (Feb. 26-27, 1998) p.78.

67. **W. Widada**, H. Kuze, and N. Takeuchi, "He-Ne Laser untuk aplikasi pengukuran aerosol", Simposium Fisika Teknik Japan 29a-ZH-4, (April 1998).
68. **W. Widada**, K. Maeda, H. Kuze, and N. Takeuchi, "*He-Ne Laser untuk aplikasi pengukuran aerosol disekitar tanah*", Simposium Remote Sensing Japan 26 (Oct. 1998) p. 69.
69. N. Takeuchi, A. Tadaishi, **W. Widada**, and Hiroaki Kuze, "*Simulasi multiple scattering LIDAR untuk pengukuran awan*", Simposium Fisika Aplikasi Japan (March 1998).
70. **W. Widada**, "*A Study of Natural Observation Method on Uncertainty Principle*", The International Symposium on Future Issues of Research on Science and Technology Tokyo, Japan ISTECS, (Dec. 13, 1997) p.82.
71. Yokota, Iseki, Kida, Harada, ishida, Wahyu Widada, "Program data-base KL1 untuk parallel super computer", Technical Memorandum of JAIST IS-TM-95-0001T, (July 1995).

Prosiding Nasional

72. **Wahyu Widada**, "*Aplikasi Mikrokontroller untuk Deteksi Frekuensi Doppler Radio Tracking*", Prosiding Seminar Nasional Ke 8 Tahun 2013 Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi Green Technology untuk Kelestarian Sumber Daya Alam Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta, ISSN 1907-5995.
73. **Wahyu Widada**, "*Tracking Roket RX100 Menggunakan Stasiun Tunggal RADAR Transponder*", the 5th National Conference on Information Technology and Electrical Engineering 2013. ISSN : 2085-6350

74. **Wahyu Widada,**”*Realtime data akuisisi berbasis usb-fifo untuk sistem doppler tracking roket* “, Seminar Nasional Teknik Informatika 2013, UPN Yogyakarta, ISSN 1979-2328.
75. **Wahyu Widada,**”*Kombinasi Vb dan Matlab untuk pemrosesan sinyal radar transponder roket*”, Prosiding seminar nasional ke 7 tahun 2012 Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi , Sekolah tinggi teknologi nasional Yogyakarta. ISSN 1907-5995
76. **Wahyu Widada,**”*Aplikasi Radio Komersial Untuk Pengukuran Jarak Menggunakan Sinyal Sinus*”, Prosiding Seminar Nasional Himpunan Fisika Unsoed April 2011.
77. **Wahyu Widada,**”*Aplikasi RADAR Transponder Untuk Tracking Uji Peluncuran Roket RX200*”, Prosiding Seminar Nasional RADAR Jakarta April 2011.
78. Isnan Nur Rifai, Risanuri Hidayat, **Wahyu Widada,** Andreas Prasetya Adi,” *Bandpass Filter Untuk Estimasi Sudut Azimuth Berbasis Doppler Antena*”, Prosiding Seminar Nasional RADAR Jakarta April 2011.
79. Sulistyaningsih, Adhi Susanto, **Wahyu Widada,**” *Studi Awal Radar Cross Section untuk Radar Pengawas Pantai*”, Prosiding Seminar Nasional RADAR Jakarta April 2011.
80. **Wahyu Widada,** Wahyudi,”*Aplikasi Tapis Kalman pada Perubahan Data IMU Menjadi Data Navigasi*”, Prosiding Seminar Nasional Semantik 2011 Semarang, April 2011.
81. Wahyudi, **Wahyu Widada,** ”*Perbandingan Antara Tapis Kalman dan Tapis Eksponensial pada Sensor Accelerometer dan Sensor Gyroscope*”, Prosiding Seminar Nasional Semantik 2011 Semarang, April 2011.

82. **Wahyu Widada**, "*Simulasi Kombinasi Sinyal RADAR dan GPS Modem Untuk Radio Transponder Roket*", Prosiding Seminar CITEE UGM 2011.
83. **Wahyu Widada**, "*Ujicoba Protipe Radar Sekunder Untuk Deteksi Jarak Peluncuran Roket RX100*", 7 Basic Science Nasional Seminar Malang, 20 Februari 2010.
84. **Wahyu Widada** , "*Komunikasi Data Akuisisi Signal RADAR Sekunder 3-Dimensi Melalui Jaringan LAN*", Seminar Nasional Informatika, Semnasif 2010, Yogyakarta 22 Mei 2010
85. **Wahyu Widada**, "*Tracking Multi-Roket Secara Simultan Menggunakan Sistem Radar Sekunder*", Modern Electrical Engineering Technology and Its Application Seminar 2010, Meetas 2010. Bandung, 20 Maret 2010.
86. **Wahyu Widada** dan Sri Kliwati, "*Improvement of TDOA Secondary RADAR Estimation for Rocket Using Wavelet-Based Denoising Technique*", Konferensi Nasional Sistem Informasi, KNSI 2009. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 17 Januari 2009.
87. **Wahyu Widada** dan Sri Kliwati, "*Analisa FDOA-RADAR Sekunder terhadap Gangguan Random Noise*", Seminar RADAR Nasional III, Savoy Homann Bidakara Hotel, Bandung, 30 April 2009.
88. **Wahyu Widada** dan Sri Kliwati, "*Metoda TDOA-RADAR Sekunder roket LAPAN Menggunakan Linear FM Chirp Signal*", Seminar Nasional Informatika, Semnasif 2009, UPN "Veteran", Yogyakarta, 23 Mei 2009.
89. Romi Wiryadinata, **Wahyu Widada** dan Thomas Sri Widodo, Sunarno," *Design and Testing of Six DOF IMU*

- v2.1 Carried in Vehicle for INS Algorithm”, Proceedings of Conference on Information Technology and Electrical Engineering, CITEE 2009, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 4 Agustus 2009.
90. Priswanto, Romi Wiryadinata, Thomas Sri Widodo Andreas P. Adi, **Wahyu Widada** , “*Analisa Sensor Rate Gyroscope untuk Mendeteksi Gerak Rotasi Roket*”, Proceedings of Conference on Information Technology and Electrical Engineering, CITEE 2009. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 4 Agustus 2009.
 91. **Wahyu Widada** dan Sri Kliwati, “*Metoda Kontrol Frekuensi Pulsa Signal RADAR Sekunder terhadap Maksimum Jarak Jangkauan Roket Secara Otomatis*”, Seminar on Intelligent Technology and Its Applications, SITIA 2009, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, ITS, Surabaya, 14 Oktober 2009.
 92. **Wahyu Widada**, “*Algoritma Envelope Deteksi untuk Meningkatkan Akurasi Pengukuran RADAR Sekunder Roket*”. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi, SNTI 2009. Universitas Tarumanagara, Jakarta, 24 Oktober 2009.
 93. **Wahyu Widada** , “*Pengembangan Radio Data untuk Komunikasi Roket Jarak Jauh*”, Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi, SNTI 2009, Universitas Tarumanagara, Jakarta, 24 Oktober 2009.
 94. **Wahyu Widada** dan Sri Kliwati, “*Interpolasi Data Sampling untuk Meningkatkan Akurasi Pengukuran RADAR Sekunder Roket*”, Seminar Nasional Teknologi Simulasi V, Teknosim V, KPTU, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, 12 Nopember 2009.

95. **Wahyu Widada** dan Sri Kliwati, "*Aplikasi High Speed Microprocessor AVR32 untuk Pemrosesan Data RADAR Sekunder*", Seminar Nasional Teknoin 2009, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, 14 Nopember 2009.
96. **Wahyu Widada** dan Sri Kliwati, "*Eliminasi Noise Signal RADAR Sekunder Menggunakan Fourier Filter*", Konferensi Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi Knastik 2009, Universitas Kristen Duta Wacana, UKDW, Yogyakarta, 9 Nopember 2009.
97. Wahyudi, Adhi Susanto, Sasongko Pramono, **Wahyu Widada**, "*Design and Application of The Exponential Filter on Rotation of Estimation Using The Angular Rate Sensor (Gyroscope)*", Proceedings of The 3rd Asian Physics Symposium (APS 2009), Bandung, Indonesia, July 22-23, 2009.
98. Wahyudi, Adhi Susanto, Sasongko Pramono, **Wahyu Widada**, "*Simulasi Filter Kalman untuk Estimasi Posisi dengan Menggunakan Sensor Gyroscope*", Media Komunikasi Ilmu dan Profesi Bidang Kerekayasaan, Universitas Diponegoro, Semarang, Juni 2009.
99. Wahyudi, Adhi Susanto, Sasongko Pramono, **Wahyu Widada**, "*Perancangan Filter Analog dan Filter Digital pada Sensor Accelerometer untuk Mengukur Jarak*", Seminar Nasional Universitas Budi Luhur SNUBL 09.Jakarta, 14 Agustus 2009.
100. **Wahyu Widada**, "*Kalibrasi Prototipe Sistem Radar Sekunder untuk Roket Menggunakan Data GPS*", Seminar Nasional VIII Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri Bandung, 24-25 November 2009.

101. **Wahyu Widada** dan Sri Kliwati, "*Frequency Domain TDOA Estimation of Passive RADAR FOR Rocket Flight Test*", Seminar Nasional Fisika 2008. Fisika ITB, Bandung, 5-6 Februari 2008.
102. **Wahyu Widada**, "*Pengembangan RADAR Signal Generator untuk Aplikasi Tracking Trayektori Roket Jarak Jauh*", SNT IV UTY 2008.
103. **Wahyu Widada**, "*Rancangbangun System Secondary Surveillance RADAR untuk Aplikasi Tracking Peluncuran Roket Jarak Jauh*", Seminar Radar Nasional 2008.
104. **Wahyu Widada**, "*Pengembangan Radio Telemetry Bandwith Lebar untuk Komunikasi Data Roket*", Seminar Nasional Teknik Mesin 3 2008.
105. Sri Kliwati dan **Wahyu Widada**, "*Aplikasi Digital Exponential Filtering untuk Sistem Tracking 3-Dimensi Trayektori Roket Berbasis Array Antena-Yagi*," SITIA 2008.
106. Satria Gunawan Z., Adhi Susanto, Thomas S. Widodo, dan **Wahyu Widada**, "*Prediksi Sudut Terima Antena Radio Tracking dari Pemancar di Payload Roket*," SITIA 2008.
107. **Wahyu Widada** dan Sri Kliwati, "*Desain Sistem Passive RADAR Radio UHF untuk Aplikasi Uji Terbang Roket*," SITIA 2008.
108. **Wahyu Widada**, "*Analisa Data Sistem Secondary Surveillance RADAR untuk Tracking Roket*", SEMNASIF 2008.
109. **Wahyu Widada**, "*Metode Estimasi Delay Signal untuk Sistem Secondary Surveillance RADAR Tracking Roket*", SNATI UII 2008.

110. **Wahyu Widada**, "*Linier Array Antena untuk Deteksi Sudut Azimuth pada Sistem Secondary RADAR*," National Conference: Design and Application of Technology 2008.
111. **Wahyu Widada** dan Sri Kliwati, "*Stabilisasi dan Kontrol Frekuensi Radio Signal dengan PLL untuk Aplikasi Sistem Secondary RADAR*," National Conference: Design and Application of Technology 2008.
112. Satria Gunawan Z., **Wahyu Widada**, dan Sri Kliwati, "*Radio Tracking System for Balistic Rocket Flight Test*," IJSE 2008.
113. **Wahyu Widada**, "*Pemrosesan Signal RADAR Sekunder untuk Raket Menggunakan Natural Observation Method*," SRITI 2008.
114. **Wahyu Widada**, "*Time-Delay Estimation Techniques Applied to The Acoustic Detection of Rocket Flight Test*," SRITI 2008.
115. **Wahyu Widada** dan Sri Kliwati, "*Algoritma TDOA-Trilateration untuk RADAR Sekunder Sebagai Sistem Tracking 3-Dimensi Trayektori Raket*," KOMMIT 2008.
116. **Wahyu Widada**, "*Metode Pengaturan Frekuensi Secara Acak pada Radio Transponder untuk Sistem RADAR sekunder Raket*," KOMMIT 2008.
117. **Wahyu Widada**, "*Pengembangan Prototipe Radio Transmitter UHF untuk Sistem RADAR Sekunder Tracking Raket*," SNMI 4 2008.
118. **Wahyu Widada**, "*Simulasi Pengaruh Penempatan Reciver RADAR sekunder terhadap Akurasi Tracking 3-Dimensi Raket*," TEKNOSIM 2008.

119. **Wahyu Widada,**”*Aplikasi Exponential Filter untuk Meningkatkan Akurasi Sistem Tracking 3-D Roket menggunakan RADAR Sekunder*”, SNTI 2008.
120. **Wahyu Widada,**”*Realtime Data Akuisisi Berbasis Digital Oscilloscope dan PC untuk Aplikasi RADAR Sekunder Roket*”, Semnas VII Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri 2008.
121. Sri Kliwati dan **Wahyu Widada,** “*Metode Tracking 3-Dimensi untuk Trayektori Roket dengan Kombinasi Altimeter dan Array Crossed-Yagi Antena*”, IES 2008.
122. **Wahyu Widada,** “*Pengembangan Digital Powermeter Signal Radio Menggunakan Logaritmik Amplifier untuk Sistem Radio Tracking Peluncuran Roket*”, IES 2008.
123. Sri Kliwati dan **Wahyu Widada,** “*Sistem 3D Tracking Peluncuran Roket Berbasis RADAR Sekunder dan Array Yagi Antena*”, SIPTEKGAN XII 2008.
124. Sri Kliwati dan **Wahyu Widada,** “*Digital Delay Interpolation Filter untuk Parallel Processing pada Multi Kanal Radio Tracking Roket*”, SNASTI 2008.
125. **Wahyu Widada,**”*Analisa spectrum frekuensi rekaman digital voice peluncuran roket*”. Prosiding IPTEK Industri Terapan Mpu Tantular, Jakarta 2008.
126. **Wahyu Widada,**” *Metoda eliminasi drift-noise pada sensor gyroscope dengan highpass filter untuk meningkatkan akurasi unit pengukuran inersia peluncuran roket*”. Prosiding SNATI 2007.
127. **Wahyu Widada,** “*Altimeter berbasis pressure sensor untuk aplikasi roket balistik RX320*”. Prosiding SRITI 2007 Yogyakarta.

128. Satria Gunawan Zain, Adi Susanto, **Wahyu Widada,**” *Simulasi Pengaruh Perubahan Sudut Pancar Transmitter Pada Raket Jarak Jauh Terhadap Power Radio Receiver Antena Yagi*”. Prosiding SRITI 2007 Yogyakarta.
129. **Wahyu Widada,** Sri Kliwati, “*Adaptive Pemrosesan Sinyal Untuk Meningkatkan Akurasi Rotasi Raket Balistik*”, National Conference on Computer & Information Technology ITI 2007.
130. **Wahyu Widada,** Sri Kliwati, “*Sistem Kalibrasi 2-Axis-Gyroscope untuk Sensor Rotasi Raket*” , Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa Industri 2007.
131. Effendi DA, **Wahyu Widada,**” *Pengembangan Discharge Sistem dengan Arus Konstan untuk Pengujian Power Supply Muatan Raket*” Procceding Seminar Nasional Tenaga Listrik dan Mekatronika 2006.
132. **Wahyu Widada,** Sri Kliwati, Effendi DA, Chairul A, “*Pengembangan Sensor Inertia 6 DOF untuk Aplikasi Peluncuran Raket*”, Seminar Nasional Tenaga Listrik dan Mekatronika 2006.
133. Sri Kliwati, **Wahyu Widada,** “*Sistem Telemetry Data GPS Raket Dengan modulasi Frekuensi Signal Analog via Radio*”, Seminar Nasional IPTEK Dirgantara 2006.
134. Nasri, **Wahyu Widada,** “*Attitude Voice Message untuk Raket Berbasis GPS*”, Seminar Nasional IPTEK Dirgantara 2006.
135. Sri Kliwati, **Wahyu Widada,** “*Pengaruh Gaya Grafitasi Bumi pada Sensor Accelerometer untuk Unit Pengukuran Inertia Payload Raket*”, Seminar Nasional IPTEK Dirgantara 2006.

136. **Wahyu Widada**, "*Metoda Multi Gain untuk Meningkatkan Akurasi Unit Pengukuran Inersia Roket*", Seminar Nasional IPTEK Dirgantara 2006.
137. **Wahyu Widada**, "*Sistem Data Akuisisi baru Untuk Sensor Strain Gauge pada Sting Balance Terowongan Angin Supersonic*", Seminar Nasional IPTEK Dirgantara 2006.
138. Hendra Jaya, Adhi Susanto, **Wahyu Widada**, "*Koreksi Geometris pada Pengolahan Citra Hasil Foto Udara Menggunakan Balon Udara*" , Seminar Nasional IPTEK Dirgantara 2006.
139. Sri Kliwati, **Wahyu Widada**, "*Metoda Telemetri Data Ketinggian GPS Roket dengan Modulasi Frekuensi Signal Nalog via Radio Amatir*", Seminar Nasional IPTEK Dirgantara 2006.
140. **Wahyu Widada**, Sumargono, "*Arsitektur distributed multiprocessor untuk payload roket berbasis serial interface dengan microcontroller*", Proceeding Seminar Nasional Iptek Dirgantara IX, (331-316) 2005.
141. **Wahyu Widada**, dan Sri Kliwati, "*Rancang bangun sistem kalibrasi rotasi rate-gyroscope untuk sistem pengukuran inersia payload roket*", Proceeding Seminar Nasional Iptek Dirgantara IX, (771-775) 2005. ISBN 979-8554-90-6.
142. Sri Kliwati, **Wahyu Widada**, "*Pengembangan antena pada tabung roket frekuensi 461.5 MHz*", Proceeding Seminar Nasional Iptek Dirgantara IX, (202-204) 2005. ISBN 979-8554-90-6.
143. **Wahyu Widada**, "*Sistem telemetri data payload roket via TV-transmitter 1.2 GHz*", Proceeding Seminar Nasional Iptek Dirgantara IX, (338-341) 2005. ISBN 979-8554-90-6.

144. **Wahyu Widada**, "*Metoda digital ..exponential filtering untuk sensor embedded inertial measurements unit payload roket*", Proceeding Seminar Nasional Iptek Dirgantara IX, (126-130) 2005. ISBN 979-8554-90-6.
145. **Wahyu Widada**, Sri Kliwati, dkk, "*Kalibrasi pengukuran translasi horisontal untuk sensor accelerometer payload roket*", Proceeding Seminar Nasional Iptek Dirgantara IX, (486-491) 2005. ISBN 979-8554-90-6.
146. **Wahyu Widada**, "*Aplikasi Digital Exponential Filtering untuk Embedded Sensor Payload Roker*", Semiloka Teknologi Simulasi dan Komputasi serta Aplikasi 2005.
147. Rahmat Ramdani, **Wahyu Widada**, Sri Kliwati, "*Rancang bangun sistem wireless data akuisisi untuk pengujian kemampuan roket*", Prosiding Seminar Nasional Iptek Dirgantara VIII-2004. ISBN 979-8554-77-9
148. Erry Satrya, **Wahyu Widada**, Sri Kliwati, dkk, "*Rancangan Alat Uji untuk mengetahui durabilitas baterai dalam rangka pemilihan baterai untuk payload roket*", Proceeding Seminar Nasional Iptek Dirgantara 9, (141-143) 2004. ISBN 979-8554-78-7.
149. Rahmat Ramdani, **W. Widada**, Saparudin Prasad, Muhammad Sadly, dan Sardy Sar. "*Fingerprint Recognition Using Adaptive Neuro Fuzzy Inference Sistem*", 7 Th International QIR Proceeding, (Agustus. 4-5, 2004) p. 1-6. Indonesia. ISSN 1411-1284.
150. **Wahyu Widada**, "*Metoda pengkoreksian data real-time GPS pada peta jalan sistem navigasi kendaraan*", Prosiding Seminar Nasional Iptek Dirgantara VII 2003. ISBN 979-8554-70-1

151. **Wahyu Widada**, "*Multiple-scattering Effect on the Satellite-based LIDAR Measurement of Tropospheric Aerosol Extinction Profiles*", Proceeding SIPTEGAN (2002).
152. **Wahyu Widada**, "*Simultaneous Measurement of Refractive-Index Structure Constant by Use of Laser Long-Path Propagation and Temperature Correlation in the Atmosphere*", Proceeding SIPTEGAN (2002).

D. Karya Tulis Ilmiah

No.	Tahun	Jumlah
1.	Penulis Tunggal	40
2.	Penulis Bersama Penulis lainnya	112
Total		152

No.	Kualifikasi Bahasa	Jumlah
1.	Karya Tulis Bahasa Indonesia	116
2.	Karya Tulis Bahasa Inggris	24
3.	Karya Tulis Bahasa Jepang	12
Total		152

No.	Kualifikasi Publikasi	Jumlah
1.	Paten	12
2.	Buku atau Bagian dari Buku	3
3.	Jurnal Internasional	7
4.	Jurnal Nasional	20
5.	Prosiding Internasional	29
6.	Prosiding Nasional	81
7.	Karya Tulis Ilmiah Populer	0
Total		152

E. Pengalaman Karier Terkait Kepakaran

Periode	Tempat/Program	Jabatan dan Keterangan
2000– 2002	(Center for Environmental Remote Sensing) CERES, Chiba University, Japan	(Center Of Excellence) COE Post Doctoral Researcher Chiba University, Japan

F. Pembinaan Kader Ilmiah

No.	Universitas/PT Tempat Membimbing	Nama Yang Dibimbing	Tahun Membimbing
1.	Universitas Gadjah Mada (UGM), Pasca Sarjana (S2), Teknik Elektro	1 Mahasiswa	2005
2.	Universitas Gadjah Mada (UGM), Pasca Sarjana (S2), Teknik Elektro	1 Mahasiswa	2009–2011
3.	Universitas Gadjah Mada (UGM), Pasca Sarjana (S2), Teknik Elektro	1 Mahasiswa	2010–2013
4.	Universitas Gadjah Mada (UGM), Pasca Sarjana (S3), Teknik Elektro	1 Mahasiswa	2010–2014
5.	Universitas Gadjah Mada (UGM), Pasca Sarjana (S3), Teknik Elektro	2 Mahasiswa	2009–2015

G. Editor Majalah/Prosiding

No.	Jabatan	Majalah/Prosiding	Tahun
1.	Penyunting	Jurnal Teknologi Dirgantara	2006–2012

H. Organisasi Profesi

No.	Jabatan	Nama Organisasi	Tahun
1.	Anggota	Himpunan Peneliti Indonesia (Himpenindo)	2017– sekarang

I. Tanda Penghargaan

No.	Pejabat/Instansi yang Memberikan	Nama/Jenis Penghargaan	Tahun
1.	Presiden RI	Satya Lancana Karyasatya X Tahun	2002
2.	Presiden RI	Satya Lancana Karyasatya XX Tahun	2012