

ASPEK-ASPEK TERKAIT DALAM MERANCANG ROKET KENDALI RKX PADA TAHAP AWAL

Astrid Wahyuni
Pranata Humas

RINGKASAN

Tulisan ini menyajikan beberapa aspek terkait dengan rancangan awal roket kendali RKX yang meliputi aerodinamika, stabilitasi, propulsi, instrumentasi kendali, program terbang dan teknik operasi peluncuran dan pengamanan. Aspek ini merupakan tahapan awal sebelum dilakukan rancangan desain yang lebih rinci.

1 PENDAHULUAN

Teknologi roket merupakan teknologi kunci dari suatu negara yang telah mengembangkannya, apalagi jika sudah ke teknologi kendali roket. Suatu negara maju akan menjadi sangat komersial atau "pelit" dalam melakukan "transfer of technology" pada bidang tersebut. LAPAN sebagai suatu Institusi riset yang mendalami hal tersebut, sangat mahfum dengan hal ini. Upaya penguasaan teknologi kendali roket telah mulai dilakukan sejak th 1976 dengan upaya mengetahui teknologi kendali roket dilakukan dengan berbagai cara antara lain melakukan "reverse engineering" melalui roket-roket ex Rusia yang saat itu sudah kadaluarsa, tetapi hal tersebut cukup membantu untuk langkah lanjut dari pengembangan roket kendali. Dengan segala permasalahan yang ada, para tenaga ahli di LAPAN mulai melakukan pengembangan roket kendali secara mandiri pada tahun 1986, perangkat kendali yang dibuat dicoba dipasang pada roket-roket seri RX yang telah berhasil meluncur, sejak itu lahir beberapa ripe roket kendali seperti RKX-150, RKX-170, RKX-300, RKX-250 sayap X. RKX-150 sayap X dan RKX-100 sayap X. Sejauh ini telah beberapa kali dilakukan uji terbang roket kendali walaupun dengan kondisi belum sesuai dengan yang diharapkan.

Makalah ini menuangkan aspek-aspek yang terkait dalam mengembangkan dan meluncurkan roket kendali, dengan harapan bahwa pemikiran-pemikiran yang tertuang

dapat menjadi acuan atau tambahan pengetahuan dan menjadi bahan pertimbangan dari pembuat keputusan, peneliri, perekayasa, dan pelaksana program penguasaan teknologi kendali roket ini.



Gambar 1-1: Roket RKX LAPAN siap diluncurkan dari Pusat peluncuran Roket LAPAN di Pameungpeuk-Jawa Barat

2 ASPEK-ASPEK PADA PENGEMBANGAN WAHANA ROKET KENDALI

Beberapa aspek yang langsung terkait pada pengembangan wahana untuk roket kendali, adalah

- Penentuan Misi
- Desain Aerodinamik
- Pembuatan Struktur
- Instrumentasi Sistem Kendali
- Sistem Indera Dinamik dan Rekoverti
- Propulsi
- Uji Validasi

2.1 Penentuan misi

Hal pertama yang harus dilakukan sebelum rancangan lanjut adalah misi terbang roket, seperti terbang jelajah, terbang dari darat ke udara, udara ke darat, atau lainnya. Misi ini akan menentukan konfigurasi dari roket, dengan begitu desain untuk tiap misi tentu berbeda. **Juga ditentukan berapa jauh roket tersebut akan** terbang, karena hal ini akan menentukan berapa ukuran roket tersebut. Penentuan misi dilakukan oleh para pengarah program disesuaikan dengan kebutuhan, calon pengguna atau bagian dari program jangka panjang yang telah dicanangkan.

2.2 Desain Aerodinamik

Bentuk wahana akan dirancang sesuai dengan penentuan kecepatan, apakah subsonik, subsonik tinggi, transonik, supersonik, juga dimensi roket dan berat serta waktu terbang roket. Dari sini akan dilakukan perhitungan CP, Cg, penentuan bentuk sayap, posisi, dan hal-hal yang berkaitan dengan bentuk aerodinamik untuk menaikkan performa roket. Desain juga termasuk berapa besar defleksi sudut sirip kontrol yang dapat dibuka dan torsi yang diperlukan. Untuk hal ini diperlukan pembuatan model uji terlebih dahulu agar semua permasalahan aerodinamik dapat dipecahkan, model uji dibuat untuk masing-masing rezim kecepatan yang akan dilalui, Desain roket kendali berbeda dengan roket balistik, terutama pada penempatan sirip kontrolnya.

2.3 Pembuatan Struktur

Struktur roket akan dibuat sesuai dengan desain aerodinamik, konfigurasi, bentuk *nose*, sirip dan lainnya, Pada pembuatannya dilakukan pemilihan material sesuai berat yang diinginkan, perhitungan konstruksi, vibrasi, penyambungan sayap, sepatu roket, mekanisme sirip kontrol, kompartemen *payload*, pengaturan distribusi berat sesuai batas/margin statik yang ditentukan. Fabrikasi dari struktur dituntut akurat, dan simetri untuk semua konstruksi yang menghasilkan *drag*, dan *drag* harus dibuat sekecil mungkin.

2.4 Instrumentasi Sistem Kendali

2.4.1 Perangkat keras

Perangkat keras didesain sesuai dengan respon dan kecepatan gerak yang diperlukan dari hasil hitungan aerodinamik, sensor-sensor untuk dinamika disesuaikan dengan pola terbang, torsi penggerak sirip kontrol ditentukan apakah menggunakan servo motor atau pneumatik, sirip kontrol dibuat terpisah untuk tiap sumbu atau menyatu, semua tergantung pada desain yang diambil saat penentuan misi.

Pemancar atau penerima untuk melakukan telekomando atau telemetri juga disesuaikan dengan jangkauan roket kendali tersebut

2.4.2 Perangkat Lunak

Ada 2 bagian dari perangkat lunak yang dipisahkan, yaitu

2.4.2.1 Pola operasional

Pola operasional terbang ditentukan oleh pemrogram terbang dengan masukan dari perencanaan trayektori atau masukan dari sensor lain. Unit ini dapat disimpan dalam pemrogram terbang atau pemandu, akan berisi rangkaian manuver yang direncanakan, operasi lanjut seperti pembukaan *manacle ring* untuk separasi, pelepasan motor, penyalaan radio beakon, pembukaan parasut, pelampung dan lainnya.

2.4.2.2 Strategi kendali

Penentuan strategi kendali ini dibangun berdasarkan parameter-parameter yang ada di roket, seperti kecepatan, perubahan kecepatan, momen inersia, perubahan titik berat, respon stabilisasi, dan lainnya. Semua itu diimplementasikan pada gain yang mengatur gerak sirip roket, ini hal yang sangat rumit karena banyak parameter yang sulit didapat, juga pembuatan fungsi alih dari dinamika wahana. Idealnya dinamika wahana diukur saat roket terbang. Tetapi dengan kemajuan teknologi informasi, simulasi dapat dilakukan sehingga penekanan ke arah *setting gain* sesungguhnya dapat dilakukan.

2.4.2.3 Sumber energi dan torsi

Kritikal point dari perangkat keras sistem kendali ada pada sumber daya listrik yang berasal dari baterai dan gas untuk pneumatik, jadi perlu perencanaan sumber daya yang cermat.

2.5 Sistem Indera Dinamik dan Rekoveri

Sistem ini sangat penting pada saat roket masih dalam tahap uji, sistem ini akan mengirim data olah gerak roket dan operasi-operasi yang terjadi, juga mengukur keringgian, kecepatan, dan waktu terbang. Melalui sistem ini perbaikan-perbaikan performa roket dapat dilakukan. Pada roket yang telah sempurna sistem ini digunakan untuk mengirim data misi yang dilakukan seperti data cuaca, data visual lewat kamera atau sebagai *relay* dari suatu jaringan informasi. Sistem rekoveri juga sangat penting dalam usaha mendapatkan roket itu kembali saat uji terbang, banyak hal yang bisa dihemat bila roket dapat ditemukan. Sistem rekoveri biasanya terdiri dari sistem pelepas/pemisah roket, parasut, pelampung, generator asap, dan radio beakon yang dapat dilengkapi dengan GPS.

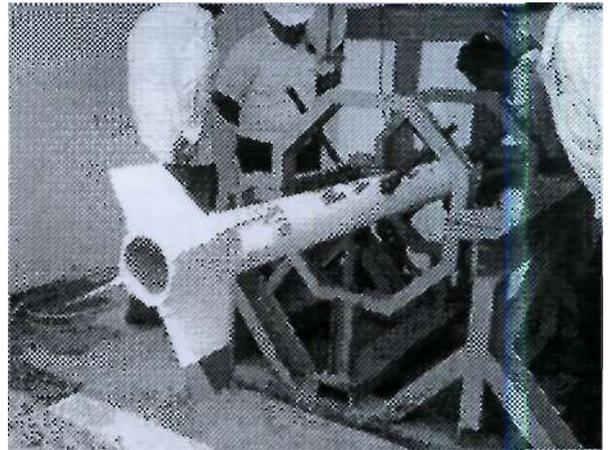
2.6 Propulsi

Untuk suatu roket kendali, motor roket yang dipersyaratkan adalah yang mempunyai waktu bakar yang lama dan gaya dorong yang tidak terlalu kuat. Selama phase pengendalian motor roket harus tetap memiliki gaya dorong, Jadi dalam hal ini diperlukan suatu motor roket yang mempunyai konfigurasi ganda, Pertama tipe *star* atau *hollow* yang memiliki daerah pembakaran yang luas sehingga menghasilkan gaya dorong kuat, tetapi waktu bakar pendek. Ini digunakan untuk menerbangkan roket. Setelah itu tipe kedua yaitu motor roket dengan pembakaran ujung atau *cigaret burning*, tipe ini mempunyai waktu bakar lama tetapi gaya dorong kecil, digunakan untuk tetap mendorong roket selama phase pengendalian. Propelan dapat dikemas dalam satu motor roket atau bertingkat. Sejak melakukan pengembangan

propelan pada tahun 1979 tampaknya pada tahun 2006 ini dimulai pengembangan propelan dengan konfigurasi *cigaret burning*. Alternatif menggunakan propulsi lain seperti *ram jet*, *pulse jet* atau propelan cair dapat juga dijadikan cita-cita.

2.7 Uji Validasi

Pada roket kendali akan terdapat banyak sekali instrumentasi yang dipasang, modul *card*, baterai, sensor, dan alat gerak lain. Untuk memastikan bahwa semua bekerja dengan baik, perlu dicoba dengan mengkondisikan semua peralatan mendapat perlakuan seperti saat roket terbang. Jadi perlu dilakukan uji secara terpisah maupun terintegrasi, seperti



Gambar 2-1 : Uji statik motor roket

- Uji statik motor roket
- Uji durasi kerja/ ketahanan sistem
- Uji terhadap g force
- Uji shock
- Uji ketahanan temperatur
- Uji vibrasi
- Uji simulasi gerak aktuator kendali
- Uji penerapan gain kendali
- Uji beban pada sirip kontrol
- Uji jarak telemetri atau telekomando
- Uji kelaikan software strategi
- Uji kelaikan software pentahapan terbang
- Uji rekoveri
- Uji kedap air
- Uji kemampuan mengapung

Dalam pelaksanaannya uji tersebut harus dilakukan menggunakan alat uji yang terkali-

brasi, sedang untuk uji keadaan khusus, alat ujinya harus dibuat lebih dulu, karena untuk alat-alat khusus sangat sulit dipasaran. Yang penting di sini adalah mengetahui filosofi desain dari pengujian maupun alat uji.

3 ASPEK-ASPEK PADA PELAKSANAAN UJI TERBANG

Dari pengalaman dalam melaksanakan uji terbang roket kendali yang sangat minim, ada beberapa hal yang harus dipersiapkan, seperti

3.1 Sarana Penunjang

- Laboratorium bergerak, sebuah laboratorium mini, yang dapat bergerak untuk menempatkan komputer pemrogram, simulator aplikasi program, peralatan standar laboratorium, pemancar telekomando, penerima telemetri, pemeriksa kesehatan komponen, pengisi gas nitrogen, dan lainnya.
- Trailer atau troli untuk catu daya eksternal, unit penyalu dengan kontrol jauh, indikator kerja sistem kendali, kamera mini pertgamat dan lainnya. Troli ini dibuat *mobile* dan akan diletakkan dekat dengan peluncur roket.
- Troli khusus, idealnya roket kendali yang akan diluncurkan, ditempatkan dulu pada troli ini, mempunyai *supporting* yang dapat menggerakkan roket pada 3 dimensi untuk melihat gerak ship kontrol pada uji gerak dan aplikasi program kendali serta pemeriksaan kelayakan uji komponen.

3.2 Prosedur peluncuran

Prosedur peluncuran secara umum dapat dibagi menjadi 2 bagian, yaitu prosedur adminisb-asi dan teknik.

3.2.1 Prosedur administrasi

Pada prosedur ini yang paling penting adalah prosedur yang berkaitan dengan pihak luar, karena prosedur intern sudah merupakan standar. Prosedur yang harus ditempuh antara lain,

- Perizinan, seperti penggunaan lapangan uji terbang, pengaturan waktu dan lain lain.
- *Notice to airman* (NOTAM), pemberitahuan pada pihak sekitar lokasi peluncuran (polisi, koramil, pemda, nelayan)
- Pihak yang melakukan "*supporting*" adalah "*Car rental*", dan lain lain.

3.2.2 Prosedur teknis

Secara umum peluncuran roket telah mempunyai *check list* yang baku, hanya untuk roket kendali perlu ditambah phase-phase dari pengoperasian sistem kendali, seperti

- Waktu penyalaan sistem kendali, sampai ada indikasi sistem bekerja.
- Waktu untuk uji sistem telekomando.
- Akses untuk membatalkan peluncuran jika sistem tidak bekerja sempurna.

3.2.3 Prosedur pengamanan

Mengingat kegagalan pengeadalian sangat mungkin terjadi, seperti yang pernah dialami saat RKX-150 F5 yang terbang molenceng di Pameungpeuk tahun 2002 dan RKX 100 di Pandan Wangi tahun 2005 diperlukan pengaturan-pengaturan sebagai berikut

- Sudut elevasi peluncuran roket kendali dibuat rendah, antara 45-65 derajat, agar penyimpangan lintasan terbang roket pada sumbu angguk dapat dipersempit, tetapi roket masih mempunyai sudut serang yang cukup untuk menghasilkan daya angkaL
- Pengosongan daerah pada sudut azimuth peluncuran diperlebar, sedapat mungkin jaraknya sama dengan jarak capai roket, sehingga kegagalan pengendalian pada sumbu geleng dapat diantisipasi.
- Data meteorologi harus akurat, seperti kecepatan angin, arah angin, waktu-waktu di mana udara sangat cerah, hal ini sangat diperlukan untuk uji roket kendali jelajah.
- Pengambil-alihan kendali secara manual lewat telekomando jika kendali otomatis gagal sistem ini harus dikembangkan dan dicoba berulang-ulang. Pengendali hams di tempat-

kan pada daerah dimana secara visual terbang roket kendali dapat dipantau, jadi roket dapat diarahkan ketempat aman.

- Pengamatan dan pengamanan lokasi oleh petugas terkait yang lebih intensif, pemasangan bendera tanda bahaya, sirine, penyediaan pemadam kebakaran, ambulance dan petugas rekoverti darat dan laut.
- Jaminan asuransi, hal yang belum pernah dilakukan hingga saat ini, jaminan asuransi hams diberikan pada semua petugas pelaksana peluncuran, dan pihak lain bila terjadi korban akibat gagalnya pengendalian roket.

2.2.4 Dokumentasi

Dokumentasi juga merupakan komponen penting dalam suatu uji terbang roket, keberhasilan pendokumentasian merupakan data untuk evaluasi hasil uji terbang, sukses atau gagal. Pengamatan dan pendokumentasian dapat dilakukan dengan cara berikut.

- Pengamatan dan pendokumentasian secara visual dengan menggunakan kamera video, kamera kecepatan tinggi, dan kamera photo yang saat ini mempunyai kemampuan yang sangat baik. Pengambilan gambar saat roket terbang sebaiknya dibuat dari banyak tempat, seperti dekat peluncur, pada bunker-bunker sekitar lintasan terbang, dan daerah-daerah lain seperti pada gunung-gunung sekitar daerah peluncuran, dan dari helicopter. Beberapa kamera *dihii fixed* sementara lainnya dibuat variabel mengikuti terbang roket. Beberapa kamera juga dapat dipasang pemancar untuk mengirim gambar ke ruang kontrol ataupun liputan ke media massa atau internet.
- Pengamatan dengan radar dan telemetri, cara ini mempunyai resiko yang lebih kecil, radar membutuhkan transponder untuk mengirim sinyal balik dan harga sebuah transponder tidak murah. Salah satu cara murah yang kini dikembangkan adalah memasang GPS pada roket tersebut, GPS akan mengirim koordinat selama roket terbang, sinyal koordinat dari

GPS dapat diproses dengan *software* peta lokasi menjadi suatu displai posisi roket pada layar laptop. Cara lain adalah pemasangan kamera pada roket yang akan mengirim gambar ke bawah selama roket terbang. Semua cara di atas adalah cara murah yang dapat kita lakukan dalam litbang roket kendali secara mandiri mengingat kita belum memiliki fasilitas yang lebih modern dan mahal.

3.2.4 Operasi pencarian kembali

Dalam masa pengembangan operasi ini sangat penting mengingat peralatan yang dibawa pada roket cukup mahal, juga dapat diketahui efek dari dinamika yang terjadi saat roket meluncur, rekaman pada memori ataupun kemungkinan terdapat alat yang dapat dipakai kembali.



Gambar 3-1: Roket RKX LAPAN yang gagal meluncur ditemukan oleh team pengamanan lingkungan sekitar tempat peluncuran

Dengan menggunakan GPS yang terpasang pada roket, dapat segera diketahui