

# ASPEK-ASPEK TERKAIT DALAM MENYIAPKAN UJI STATIK MOTOR ROKET BAHAN BAKAR CAIR PADA TAHAP AWAL

**Dany Setiawan**

Peneliti Pada Pusat Teknologi Wahana Dirgantara  
Dansetia@Gmail.com

## ABSTRACT

This paper described some aspects about preparing a static test of liquid motor rocket, included location arrange, location safety operation, test equipment, static test technical operation, and handling test failure effect. These aspects are preliminary input before the detail static test operation is conducted.

## ABSTRAK

Tulisan ini menyajikan beberapa aspek terkait persiapan uji statik motor roket berbahan bakar cair, meliputi penataan lokasi, pengamanan daerah operasi, sarana pengujian, teknik operasi uji statik, dan penanggulangan dampak kegagalan pengujian. Aspek-aspek ini merupakan masukan tahap awal sebelum dilakukan rencana operasi pengujian yang lebih rinci.

Kata kunci: *Combustion chamber, Cryogenic tank, Nozzle, Pressurized tank, Pump pressurization, Test bed, Block house*

## 1 PENDAHULUAN

Hingga kini teknologi roket merupakan teknologi kunci dari suatu negara yang telah berhasil mengembangkannya, sehingga keberadaan atau kewibawaan negara tersebut langsung diperhitungkan secara internasional.

Suatu negara yang telah sukses mengembangkan teknologi roket akan berat hati dan sulit untuk melakukan *transfer of technology* pada bidang tersebut. Hal ini telah lama dimaklumi oleh LAPAN sebagai suatu institusi riset yang mendalami hal tersebut.

Dalam upaya menguasai teknologi roket terutama roket berbahan bakar cair (*liquid propelan*), sejak th 1976 telah dilakukan suatu *reverse engineering* melalui roket Rusia yaitu SA 75 yang saat itu telah kadaluarsa. Berbagai upaya saat itu telah dilakukan untuk

mengubah roket tersebut menjadi suatu roket sumber alam, namun penelitian guna penguasaan teknologi roket berbahan bakar cair terhenti karena saat itu tenaga ahli yang ada tidak mencukupi, sehingga penelitian diarahkan pada roket dengan bahan bakar padat, yang hingga saat ini telah menghasilkan roket seri RX, dari diameter 70 mm, 80 mm, 100 mm, 150 mm, 250 mm, 300 mm, dan yang terakhir 420 mm. Namun dalam skala kecil penelitian terhadap roket dengan bahan bakar cair tetap dilakukan sehingga pada tulisan ini disajikan hal-hal terkait yang harus dipersiapkan dalam melakukan uji statik motor roket tersebut.

Gambar 1-1 menunjukkan percobaan motor roket berbahan bakar cair skala kecil (+/- 10 kg *thrust*) yang dilakukan di Unit Uji Statik Tarogong.



Gambar 1-1: Test stand roket cair

## 2 BEBERAPA KOMPONEN PENTING PADA MOTOR ROKET BAHAN BAKAR CAIR

Ada beberapa komponen penting dalam motor roket berbahan bakar cair (Vigor Yang, Mohammed Habiballah. Volume 200) antara lain:

- *Combustion chamber* dan *nozzle* (motor roket)

*Combustion chamber* merupakan ruang bakar pada motor roket dimana bahan bakar roket cair dan oksigen yang juga dicairkan disemprotkan dan dinyalakan dengan pemantik api sedangkan *nozzle* adalah bagian yang menyempit pada ujung ruang bakar guna mendapatkan tekanan gaya dorong.

- *Cryogenic tank*

*Cryogenic tank* adalah tangki berjaket seperti termos yang fungsinya untuk menyimpan oksigen ataupun lainnya yang dicairkan pada suhu minus sekitar 183 derajat celcius dan bertekanan tinggi.

- *Fuel tank*

*Fuel tank* adalah tangki penyimpan bahan bakar roket seperti kerosene/ alkohol yang akan dibakar.

- *High pressure gas tank*

*High pressure gas tank* merupakan tangki penyimpan gas bertekanan yang digunakan mendorong *fuel* menuju ruang bakar

- *Control valve*

*Control valve* merupakan katup/keran yang fungsinya untuk menyalurkan *cryogenic* dan *fuel* ke dalam ruang bakar, katup tersebut dapat diatur besar

pembukaannya, digunakan untuk mengatur besar pembakaran untuk mendapat gaya dorong yang bervariasi.

- *Fuel and oxidizer pump*

*Fuel and oxidizer pump* berfungsi untuk memompa bahan bakar dari tangki ke ruang bakar.

- *Pipe and fittings*

*Pipe and fittings* merupakan pipa-pipa dan konektor/adaptor penyalur bahan bakar.

Jenis motor roket bahan bakar cair tersebut dapat dibedakan menjadi 2 (George P. Sutton, Donald M. Ross, 2001), yaitu :

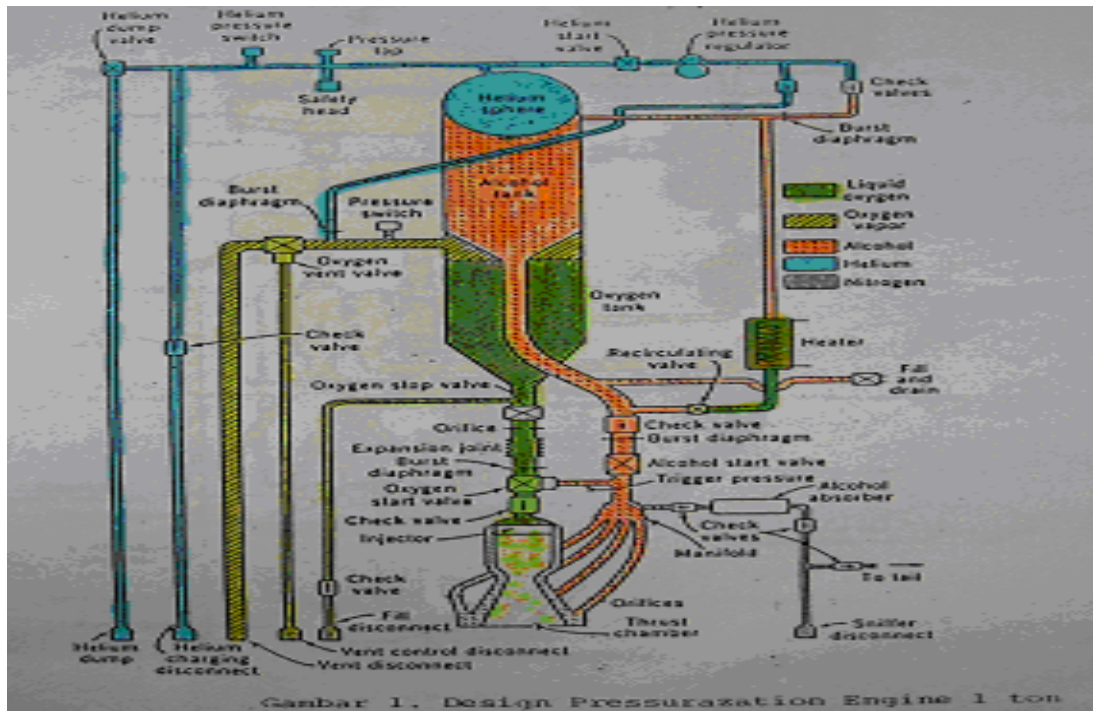
- *Pressurized tank* dimana *oxidizer* dan *fuel* ditekan dengan tekanan tinggi dalam tangki, kemudian disemprotkan ke dalam *combustion chamber*,

- *Pump pressurization* dimana *Oxidizer* dan *fuel* dari tangki dipompakan ke dalam *combustion chamber* dengan pompa turbin.

Semua komponen ini dikemas dalam suatu kompartemen/tabung motor roket, namun pada beberapa model roket, ada tangki yang ditempatkan di luar badan roket, dan akan dilepaskan saat bahan bakar tersebut habis (seperti pada roket ulang alik *challenger/discovery*).

Namun saat masih dalam tahap penelitian dan pengembangan, bagian tersebut masih dipisah-pisah untuk dilakukan pengujian secara statik.

Gambar diagram dari suatu motor roket bahan bakar cair dengan *pressurized system* dapat dilihat pada Gambar 2-1.



Gambar 2-1: Diagram motor roket cair

### 3 ASPEK-ASPEK TERKAIT PADA UJI STATIK

Pada uji statik motor roket bahan bakar cair, sebelum uji performance dari motor roket untuk mendapatkan data terakhir dari kemampuan roket, dilakukan beberapa kali percobaan untuk mendapatkan *thrust maximum*, *burning time* yang direncanakan, kemampuan *valve* dan *piping*, *setting* temperatur dan lain lain. Oleh karena itu diperlukan peralatan pengatur dan penampung bahan bakar yang besar, sehingga untuk itu diperlukan:

#### 3.1 Sarana Utama Motor Roket

Meliputi:

- Tangki Cryogenic (O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>), berukuran besar lengkap dengan sistem pengisian dan pengeluaran, karena cryogenic mempunyai suhu minus dan bertekanan maka tangki tersebut harus ditempatkan pada daerah khusus dengan pelindung, dan mudah dijangkau oleh truk pengirim. Tangki tersebut harus

dijaga dan terus dimonitor oleh ahli dari produsen cryogenic,

- Tangki Gas Tekanan tinggi (He, Argon, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>), persyaratan *handling* dan penempatan sama dengan tangki cryogenic,
- Tangki *Fuel* (RP 1, Alkohol),
- *Feed system* (*Valve*, *piping*, *flow meter*),
- Motor roket (*combustion chamber*, *nozzle*, *ignitor*).

#### 3.2 Sarana Pengendali Aliran (*Flow Control*)

Terdiri dari peralatan yang mengatur laju aliran *cryogenic*, gas, *fuel*, mengatur kecepatan pompa, memonitor kecepatan, indicator kebocoran, *automatic shut off system*. Diletakkan dalam suatu kontrol panel yang ditempatkan dalam *control room* bersama peralatan uji *performance*.

Gambar 3-1 menunjukkan panel control untuk mengatur laju alir dari cryogenic dan lainnya.



Gambar 3-1: Panel control laju alir cryogenic

### 3.3 Sarana Uji Statik Motor Roket

Meliputi:

- *Test bed atau test stand*  
Sesuai kebutuhan dari motor roket yang diuji, misal untuk daya dorong 1 ton, 2 ton, 10 ton dan seterusnya, dibuat untuk uji secara vertikal maupun horizontal,
- *Block house* dengan *flame blocking* dan *deflector*,
- *Firing command*,
- *Data acquisition* dari *thrust*, *pressure*, *temperature*, *vibration*, dan lain lain,
- *Visual recorder*,
- Peralatan pengamanan, seperti pompa pemadam api, baju tahan api, masker, peralatan yang dapat menetralkan racun yang terjadi akibat pembakaran,
- Peralatan PPPK.

### 3.4 Sumber Daya Manusia

Untuk melakukan suatu uji statik motor roket bahan bakar cair diperlukan lebih banyak tenaga pelaksana dibandingkan dengan uji statik motor roket bahan bakar padat. Pada uji ini diperlukan tenaga terlatih yang akan menangani cryogenic, karena temperatur dari cryogenic yang ada minus 183 derajat

celcius sehingga cukup berbahaya. Demikian juga pada gas tekanan tinggi yang lain, tenaga terlatih juga diperlukan pada motor roket, control panel dan lain lain. Pelatihan SDM tersebut dapat dilakukan sejak program pengembangan roket bahan bakar cair dicanangkan, bekerja sama dengan produsen cryogenic dan pihak lain.

### 3.5 Aspek Pengamanan Uji Statik (Astried Wahyuni, 2006)

Meliputi :

- Prosedur pelaksanaan uji statik. Prosedur ini dapat dibagi menjadi 2 bagian, yaitu:
  - Prosedur administrasi, ini yang menyangkut hubungan dengan pihak pihak luar yang terkait, misalnya produsen cryogenic, pihak pihak yang melakukan kerjasama, membuat pemberitahuan dan lain lain. Juga masalah perizinan kepada pemda setempat, masalah administrasi, persediaan dari bahan bakar, dan lain lain.
  - Prosedur teknis, selama ini penggunaan check list dalam pengujian statik motor roket bahan bakar padat telah

lama dilakukan, hanya saja untuk uji statik motor roket bahan bakar cair lebih mencakup banyak hal, sehingga check list-nya pun perlu diperluas, antara lain perlu dibuatkan akses yang dapat membatalkan uji statik tersebut jika ada indikasi kebocoran dan lain lain. Akses ini dapat dibuat dengan menggunakan sensor temperatur, *flow* meter, tekanan dan indikator lainnya, apabila data yang dibaca telah menunjukkan sesuatu yang melebihi batas perencanaan, sensor-sensor tersebut dapat digunakan untuk menutup valve dari cryogenic ataupun fuel .

- Prosedur pengamanan lokasi. Mengingat kegagalan pengujian sangat mungkin terjadi yang dapat menyebabkan ledakan, kebakaran dan lainnya, maka dapat dilakukan hal berikut:
  - Pengosongan/*clearing area* pada jarak tertentu, pemasangan bendera/garis tanda bahaya, sirine,
  - Penyiapan sarana pemadam api, baik berupa penyemprotan air maupun zat pemadam api.
    - Penggunaan pakaian tahan api pada personil pemadam kebakaran dan petugas tertentu,
    - Penggunaan pelindung pada alat alat sensor maupun *recorder* dari *impact* akibat ledakan maupun jilatan api,
    - Penyediaan ambulans dan peralatan kesehatan,
    - Penggunaan masker anti racun, mengingat gas hasil pembakaran dapat menjadi racun,
    - Data dan arah angin, juga diperlukan untuk mengantisipasi kemungkinan penyebaran racun.

#### - Jaminan asuransi

Hal ini sangat perlu, karena hingga kini belum pernah dilakukan pengasuransian petugas pelaksana uji statik ataupun uji terbang, asuransi kesehatan yang

ada belum dapat menjamin akibat terjadi kecelakaan ataupun kebakaran.

Asuransi juga dapat dilakukan untuk melindungi peralatan mahal yang digunakan.

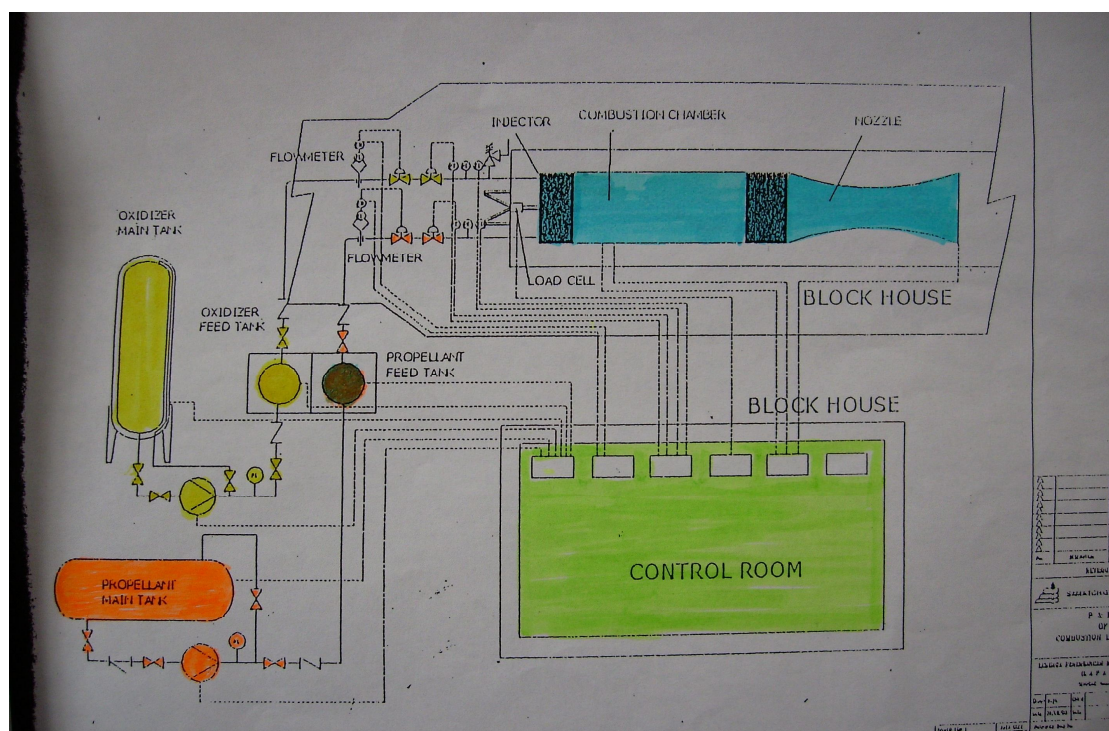
### 3.6 Dokumentasi Uji Statik

Dokumentasi merupakan komponen penting dalam suatu uji statik maupun uji terbang dari suatu roket. Keberhasilan pendokumentasian merupakan data untuk evaluasi hasil uji, 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 telah mempunyai kemampuan yang sangat tinggi. Pengambilan gambar sebaiknya dilakukan pada banyak tempat, seperti pada *block house*, *feed system*, pada daerah yang rentan terhadap kebocoran, semakin banyak kamera cctv yang dipasang semakin baik pengamatan yang dilakukan,
- Pengamatan dari data sensor, dapat dilihat dari grafik data semisal gaya dorong, tekanan, temperatur, vibrasi dengan memberi tanda batas limit pada *recorder* atau data *logger*. Bila suatu data menunjukkan harga yang melebihi batas tersebut berarti ada sesuatu yang bekerja tidak sempurna.

Pengamatan dengan kamera maupun dari sensor juga dapat langsung dihubungkan ke internet sehingga peneliti maupun pejabat terkait yang tidak berada di lokasi dapat dengan segera mengaksesnya.

Gambar 3-2 memperlihatkan rancangan tata letak dari sarana dan prasarana uji statik motor roket bahan bakar cair.



Gambar 3-2: Sketsa disain uji statik roket cair

### 3.7 Aspek Politis

Aspek ini merupakan aspek yang cukup memprihatinkan, memang bahan bakar yang digunakan semua dapat dibuat di dalam negeri seperti *liquid* oksigen, gas helium, argon, juga fuel RP 1, tetapi beberapa peralatan seperti *valve* untuk cryogenic dengan *flow* dan tekanan yang tinggi masih harus dibeli dari luar dan biasanya digunakan untuk pemakaian pada motor roket cair, sehingga penjualannya pasti dimonitor/dibatasi ataupun diblokir oleh negara yang telah menguasai teknologi tersebut. Tetapi dengan pendekatan yang lebih intensif pada negara-negara maju yang lain permasalahan tersebut diharapkan masih memiliki jalan keluar.

## 4 PEMBAHASAN

Dari aspek terkait pada penyiapan uji statik sebuah motor roket, kita dapat memulai untuk merancang pembangunan sistem tersebut. Pembangunan unit uji tersebut dapat dilakukan secara bertahap dan dilakukan sesuai dengan dana yang ada. Untuk pembangunan sarana utama, kita dapat menghubungi produsen Cryogenic yang

telah ada di tanah air, mereka sudah berpengalaman dalam memproduksi, handling dan mendistribusikan cryogenic tersebut, demikian juga untuk fuel. Untuk sarana uji statik motor roket cair, sebaiknya dibuat terpisah dengan motor roket padat, mengingat penanganan yang lebih rumit dan membutuhkan area yang lebih luas untukantisipasi kegagalan pengujian yang dapat menyebabkan kebakaran ataupun penyebaran racun yang terjadi akibat motor roket yang menyala. Peralatan dan instrumentasi uji serta prosedur yang digunakan secara sistem relatif sama dengan uji statik motor roket padat hanya SDM yang menangani harus memiliki kemampuan dan pengetahuan khusus tentang roket cair, terutama dalam menangani cryogenic. Untuk testbed, diperlukan desain yang berbeda karena testbed untuk uji statik motor roket cair harus dapat di posisi vertikal dan horizontal, harus dapat digunakan untuk beragam diameter motor roket cair secara utuh (termasuk tangki cryogenic, fuel, dan peralatan lain yang akan diterbangkan). Kemampuan teknik kontrol saat ini dapat diterapkan untuk mengatur fluida secara otomatis sesuai

perencanaan kemampuan motor roket seperti yang direncanakan, demikian juga kemampuan dalam teknologi informasi, sehingga dapat lebih meningkatkan keamanan personal di lapangan. Untuk pengamanan lokasi saat uji statik motor roket cair tersebut diperlukan lebih banyak peralatan penunjang dibandingkan dengan uji statik motor roket padat, juga diperlukan peningkatan prosedur atau peralatan yang ada, seperti pemadam api, masker anti racun, pelindung instrumentasi dan lain lain. Secara keseluruhan penelitian dan pengembangan roket cair terutama penyiapan sarana uji statik sangat mungkin dilakukan secara mandiri, mengingat instrumentasi, peralatan dan bahan yang dibutuhkan ada di dalam negeri, kecuali peralatan spesifik untuk pengembangan motor roket cair itu sendiri yang masih perlu dikuasai dan diteliti.

## 5 KESIMPULAN

- Dari beberapa hasil pengujian statik roket pada skala kecil dapat disimpulkan bahwa roket dengan bahan bakar cair membutuhkan tingkat ketelitian dan kewaspadaan yang sangat tinggi karena ini berhubungan dengan gas bertekanan tinggi ( $H_2$ ,  $N_2$ ), juga membutuhkan material yang khusus seperti untuk penggunaan *cryogenic tank* yang digunakan untuk menyimpan gas yang dicairkan pada suhu sangat rendah ( $H_2$ ,  $N_2$ ),
- Pada pengembangan roket cair ini ketergantungan pada luar negeri lebih kecil, harga bahan bakarnya lebih murah, walau teknologinya memang lebih rumit,
- Melihat perkembangan dunia peroketan, untuk misi pengorbitan maupun sebagai roket senjata, penguasaan teknologi roket berbahan bakar cair memang mutlak dilakukan. Keberhasilan rancang bangun motor roket cair akan memberikan kesan negara tidak tertinggal dalam penguasaan teknologi maju dibandingkan negara-negara lain,
- Kemajuan - kemajuan dan pengalaman dalam pengembangan roket di LAPAN diharapkan dapat mengatasi kendala dana yang selalu dihadapi oleh LAPAN dengan adanya perhatian pemerintah yang lebih baik dan semakin mengerti akan kebutuhan negara atas roket.

## DAFTAR RUJUKAN

- Astried Wahyuni, 2006. *Aspek-Aspek Terkait Dalam Merancang Roket Kendali RKX Tahap Awal*, Berita Dirgantara, Vol 7 Juni 2006.
- George P Sutton, Donald M Ross, 2001. *Rockets Propulsion Element*, Jhon Wiley & Sons New York/London.
- Vigor Yang, Mohammed Habiballah. *Liquid Rocket Thrust chambers: Aspects of Modeling, Analysis, and Design*, MIT Lincoln Laboratory Volume 200.







