

# PENGUKURAN TENGGANG PENYALAN PROPELAN CAIR

**Dwi Wahyuni**

Peneliti Bidang Material Dirgantara, LAPAN

## RINGKASAN

Tenggang penyalaan propelan cair dapat diukur dengan dua cara yaitu menggunakan alat laboratorium dan motor roket kecil. Alat-alat laboratorium yang dapat digunakan adalah alat tetes dan alat PINO. Penggunaan alat tetes yaitu dengan menjatuhkan tetes atau pancaran bahan bakar ke tempat yang berisi oksidator. Penggunaan alat Pino yaitu dengan tubrukan antara pancaran bahan bakar dan oksidator. Pengukuran menggunakan roket kecil dilakukan dengan dua cara yaitu menggunakan kamera kecepatan tinggi dekat ruang bakar dan berdasarkan reaksi kimia pertama. Tenggang penyalaan hasil pengukuran dengan roket kecil lebih tinggi dari pada menggunakan alat laboratorium untuk bahan bakar dan oksidator yang sama. Tenggang penyalaan yang bagus adalah yang singkat.

Sebagai contoh hasil pengukuran furfural alkohol (60%) dan xilidin (40%) ,  $\tau < 30$  ms.

## 1 PENDAHULUAN

Propelan cair ditinjau dari sifat dapat menyalanya dibagi menjadi 2 kelompok yaitu propelan *hypergolic* dan *nonhypergolic*. Untuk menentukan energi yang dapat dibebaskan dari suatu propelan perlu diukur kualitas kinetiknya. Propelan *hypergolic* adalah bahan bakar dan oksidator yang bila terjadi kontak akan menyala spontan, dan propelan *nonhypergolic* hanya akan menyala bila ada pengapian.

Tenggang penyalaan adalah salah satu variabel yang sangat penting untuk mengukur kualitas kinetik propelan cair, terutama propelan *hypergolic*. Tenggang penyalaan adalah waktu dari saat bahan bakar dan oksidator kontak dan saat munculnya nyala pertama.

Untuk mengukur tenggang penyalaan ini ada dua bagian, yang pertama memastikan pencampuran cepat bahan bakar dan oksidator dan yang kedua pengukurannya. Pengukuran dengan cara kontak ini diperkirakan mempunyai keakuratan yang besar. Ada dua macam pengukuran yaitu menggunakan: alat laboratorium dan motor roket kecil. Di laboratorium ada 2 macam yaitu alat tetes dan alat PINO.

Untuk mengukur tenggang penyalaan propelan *nonhypergolic*, harus ditambahkan alat

pengapian ke dalam ruang bakar supaya terjadi pembakaran. Alat pengapian yang ditambahkan antara lain kabel panas, pengapian berbentuk *cartridge*, atau pengaliran propelan *hypergolic*.

## 2 METODE

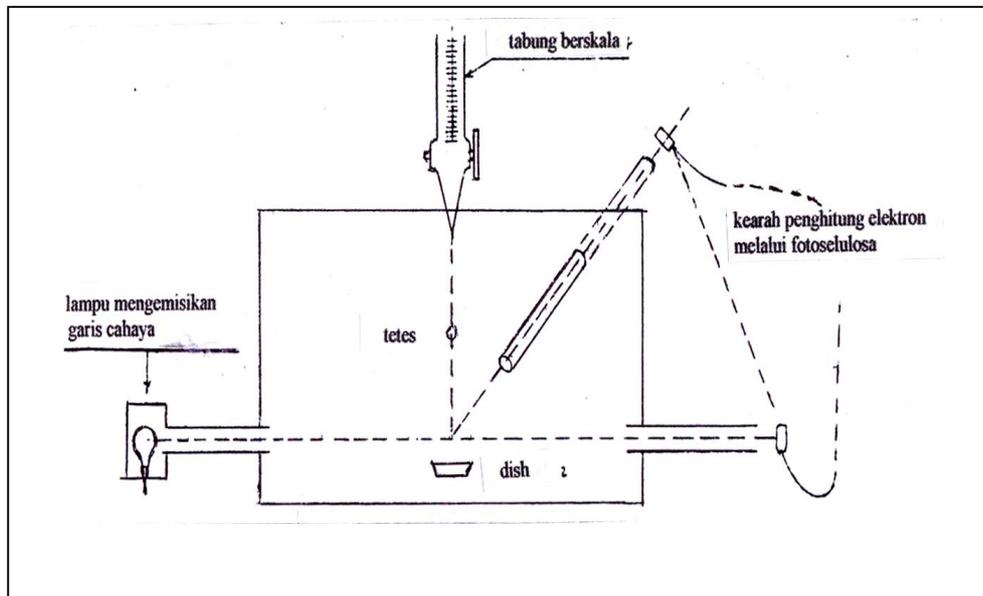
### 2.1 Menggunakan Alat Laboratorium

Di laboratorium, campuran diperoleh dengan dua cara: pertama salah satu tetes atau pancaran cairan dijatuhkan pada permukaan cairan yang lain, kedua dua pancaran bertubrukan satu sama lain. Waktunya diukur dengan:

- Menggunakan kamera kecepatan tinggi dengan pencahayaan sesaat atau pencahayaan di sekelilingnya terus-menerus.
- Menggunakan sel-sel fotoelektrik yang menunjukkan posisi tetes-tetes atau pancaran dan muncul nyala pertama.

Untuk melakukan pengukuran di laboratorium, dibutuhkan kondisi yang pasti pencampuran dalam ruang bakar motor roket yang memberikan tenggang penyalaan paling pendek.

Dardare et al. dan Marcel Barere et al., melakukan pencampuran dengan cara pertama: alat tetes seperti pada Gambar 2-1.

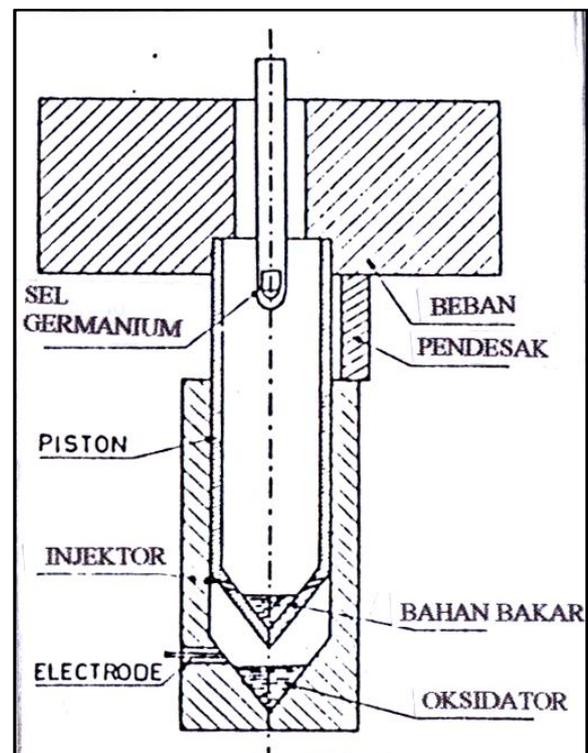


Gambar 2-1: Pencampuran dengan alat tetes

Tetes bahan bakar dijatuhkan dalam suatu piringan yang berisi oksidator. Dengan bantuan sel-sel fotoelektrik dan suatu osilograp diukur waktu antara lewatnya tetes kira-kira 1 cm dari piringan, dan waktu penyalaan. Alat ini sederhana, dibutuhkan jumlah pengukuran banyak untuk mendapatkan nilai rata-rata.

Cara kedua pencampuran dengan dua pancaran bertubrukan satu sama lain, yaitu dengan alat PINO. Menggunakan alat ini bisa didapatkan tenggang penyalaan yang pendek. Alat PINO terdiri dari blok *stainless steel* dengan ujung konik berisi oksidator, suatu piston yang bergerak dalam silinder dan juga berujung konik dengan sudut sama dengan sudut blok *stainless steel* dan piston ini mempunyai 4 lubang injeksi. Dalam piston ini ditempatkan bahan bakar. Piston dibebani suatu beban dan suatu penedak dengan panjang tertentu yang ditempatkan antara beban dan silinder, sehingga jika dengan tiba-tiba bergerak piston turun dan gerakannya mendorong oksidator ke atas dan membawanya kontak dengan bahan

bakar. Alat ini adalah seperti pada Gambar 2-2 (Dardare J et al., 1981, Marcel Barere, et al., 1960).



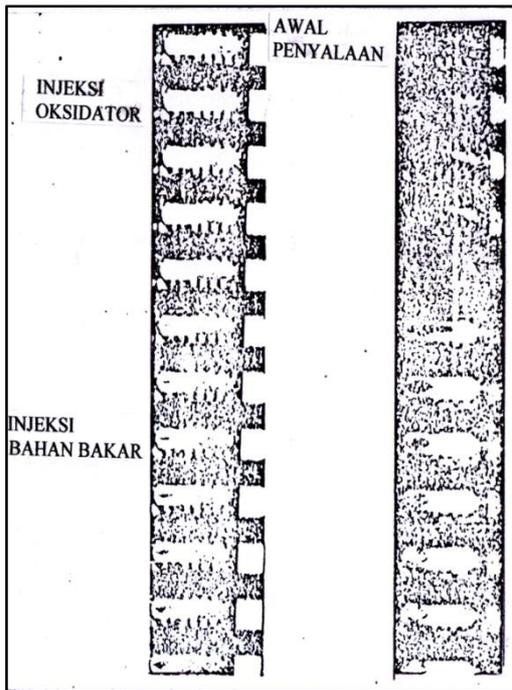
Gambar 2-2: Alat pengukur tenggang penyalaan PINO

Lewatnya oksidator dideteksi dengan memakai elektroda yang ditempatkan dekat lubang-lubang. Pengukuran menggunakan alat PINO lebih tepat dari pada menggunakan alat tetes.

## 2.2 Menggunakan Roket Kecil

Roket kecil yang digunakan ada 2 tipe :

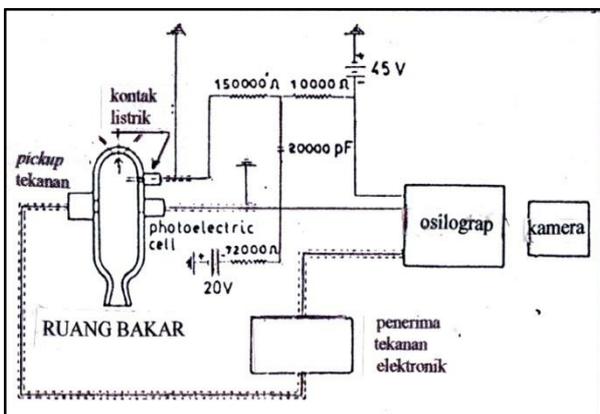
- Dengan menggunakan kamera kecepatan tinggi pada ruang bakar yang mempunyai 2 sisi dinding plexiglass seperti pada Gambar 2-3.



Gambar 2-3: Pengukur tenggang penyalaan menggunakan kamera

Dari alat ini diperoleh film waktu sampainya oksidator dan bahan bakar, dan munculnya nyala pertama, sehingga tenggang penyalaan ( $\tau$ ) terukur.

- Menggunakan dasar reaksi kimia awal, seperti pada Gambar 2-4.



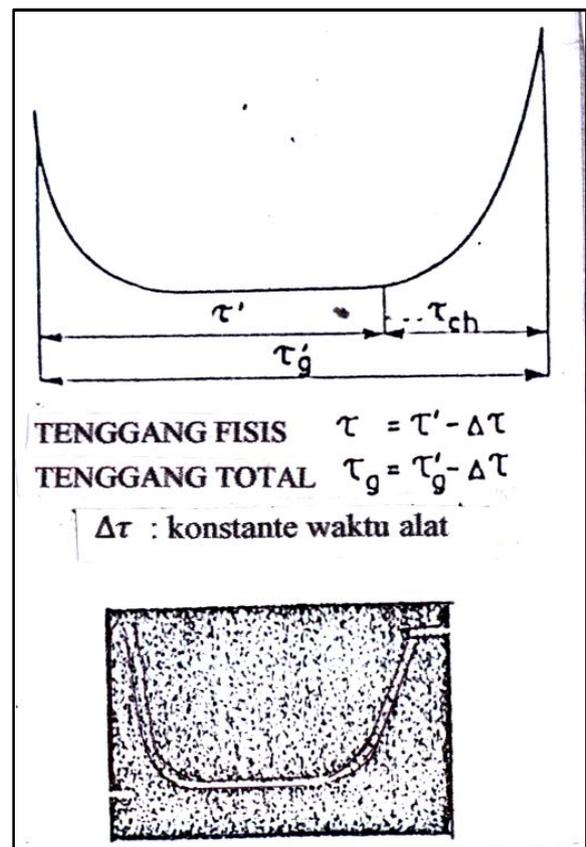
Gambar 2-4: Diagram pengukuran tenggang penyalaan

Sistem ini mendeteksi sampainya cairan propelan yang terdiri dari elektroda yang

ditempatkan dekat pancaran oksidator, agar memberikan suatu impuls ketika pancaran kontak. Suatu fotoelektrik dan sel germanium yang ditempatkan dekat dinding ruang bakar mendeteksi energi yang dibebaskan ketika reaksi kimia pertama terjadi. Tekanan dalam ruang bakar selama periode penyalaan dicatat dan sinyal tekanan dari sel fotoelektrik dimasukkan ke dalam suatu osilograp (Lynette O, et al, Marcel Barere et al, 1960)

## 3 HASIL PENGUKURAN DAN PEMBAHASAN

Contoh hasil pengukuran menggunakan alat PINO adalah seperti pada Gambar 3-1 (Lynette et al, Marcel Barere et al, 1960)

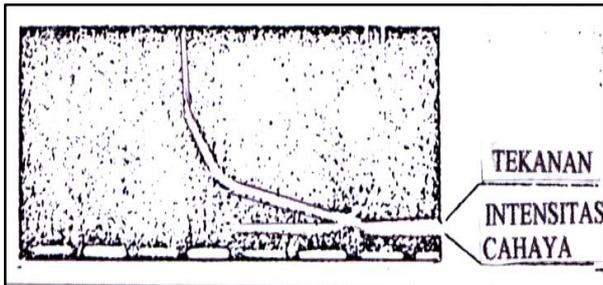


Gambar 3-1: Hasil pengukuran dengan alat PINO

Bintik-bintik dimodulasikan pada frekuensi 1000 cps, interval waktu pertama  $\tau'$  ditentukan waktu antara lewatnya oksidator di depan elektrode dan munculnya reaksi kimia pertama yang menaikkan temperatur campuran sampai kira-kira 500°C Interval waktu kedua

adalah tenggang kimia  $\tau_{ch}$  yang mengikuti pengembangan reaksi awal selama penyalaan. Total waktu sebelum pemunculan nyala pertama  $\tau_g = \tau' + \tau_{ch}$ .

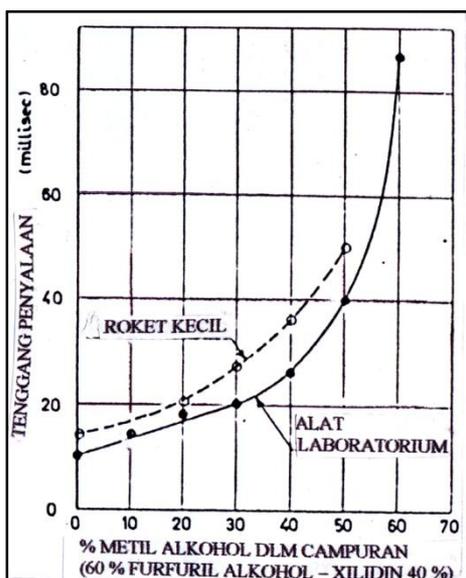
Hasil pengukuran menggunakan roket kecil seperti Gambar 3-2.



Gambar 3-2: Pengukuran tekanan selama tenggang penyalaan

Dari gambar tersebut terlihat peningkatan tekanan secara progresif ketika dua cairan propelan kontak diikuti reaksi kimia dalam fase cair, kemudian diikuti reaksi kimia dalam fase uap, akhirnya tekanan naik mendadak hingga terjadinya pembakaran propelan.

Hasil pengukuran menggunakan alat laboratorium dan menggunakan roket kecil dengan menggunakan campuran furfural alkohol (60%) dan xilidin (40%) seperti pada gambar 3-3 (Marcel Barerre et al, 1960).



Gambar 3-3: Tenggang penyalaan furfural alkohol (60%) dan xilidin (40%)

Dari gambar tersebut terlihat bahwa hasil pengukuran dengan roket kecil lebih tinggi

dibanding menggunakan alat laboratorium. Hal ini bukan disebabkan alat laboratorium tidak akurat, tetapi disebabkan oleh adanya perbedaan penempatan pertama bahan bakar dan oksidator dari kedua metode. Tenggang penyalaan yang baik adalah waktu yang singkat, < 30 ms.

#### 4 KESIMPULAN

- Tenggang penyalaan propelan cair dapat diukur dengan alat laboratorium dan dengan roket kecil.
- Pengukuran menggunakan alat laboratorium ada 2 macam pencampuran bahan bakar dan oksidator, yaitu dengan memancarkan atau menjatuhkan bahan bakar ke dalam oksidator dalam piringan atau pertemuan antara pancaran kedua cairan.
- Pengukuran dengan roket kecil ada 2 macam yaitu dengan menggunakan kamera kecepatan tinggi dan reaksi kimia awal.
- Hasil pengukuran menggunakan roket kecil sedikit lebih tinggi dari pada menggunakan alat laboratorium, yang kemungkinan disebabkan oleh perbedaan penempatan pertama bahan bakar dan oksidator.
- Hasil pengukuran menggunakan roket kecil hampir sama dengan menggunakan alat laboratorium bila dilakukan pada tekanan yang mendekati tekanan atmosfer.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Dardare J, J Meriguet, L Vailhe, 1981. *Reacteurs Fuses Tome I*, La Pousse les propergol les échanges thermiques, E.N.S.A.E., Toulouse France.
- Lynette O, Mays, Mark J, Farmer, James E Smith Jr, A New Laser Diagnostic Technique To Evaluate Chemical Time Delay in Hypergolic Systems, [http : //www.anl.gov/PCS/acs\\_fuel/preprint\\_archive/Files/42\\_3\\_LAS\\_VEGAS\\_09-97-0953.pdf](http://www.anl.gov/PCS/acs_fuel/preprint_archive/Files/42_3_LAS_VEGAS_09-97-0953.pdf).
- Marcel Barrere, Andre Jaumotte, Baudouin F. De Veubeke, Jean Vandekerckhove, 1960. *Rocket Propulsion*, Elsevier Publishing Company.

