

# PERANCANGAN AKUISISI DATA SUMBER INFRA MERAH SEBAGAI AWAL PENELITIAN SISTEM SEEKER BERBASIS INFRA MERAH

**Agus Hendra Wahyudi, Gunawan S. Prabowo**

Peneliti Pusat Teknologi Terapan Dirgantara, Instrumentasi Wahana Dirgantara, LAPAN  
e-mail: agus8hendra@gmail.com

## ABSTRACT

Diagnostic tool in the thermal imaging using the thermovision has been developed to characterize the plume gas of solid AP-HTPB rocket propellant. The data Acquisition of the infrared source has been developed based on microcontroller and labview as a Software. This software can increase the capability of the thermovision camera with the real time process. Infrared source BaF<sub>2</sub> was used as an object and this test has given the result: voltage 1.8 volt, thermal 390 Kelvin, and can be converted to 7-8 um wavelength. In the future, this system can be integrated with the actuator robotic or the fin of the rocket.

Key words: *Rocket plume, Acquisition, Infrared, Thermovision*

## ABSTRAK

Alat diagnosa suhu menggunakan thermovision kamera inframerah telah dirancang untuk mengkarakterisasi plume roket padat berbahan bakar AP-HTPB. Sistem akuisisi data sumber inframerah ini berbasis mikrokontroler dan *labview* sebagai software pengolah data. Penggunaan software ini dapat menambah kemampuan kamera dalam mendiagnosa proses pembakaran secara *realtime* khususnya untuk sistem *embedded*. Sebuah sumber inframerah BaF<sub>2</sub> digunakan sebagai alat penguji kerja akuisisi data dan menghasilkan tegangan 1,8 volt, 390 Kelvin, dan dapat dikonversi menjadi panjang gelombang di 7-8 um. Sistem akuisisi data sumber inframerah ini dapat diintegrasikan dengan sistem aktuator robotik atau fin roket sebagai bagian penelitian awal sistem seeker berbasis inframerah.

Kata kunci: *Plume roket, Akuisisi, Inframerah, Thermovision*

## 1 PENDAHULUAN

Salah satu bagian penting dari sistem peluru kendali adalah bagian *seeker*, yang berfungsi dalam mengunci sasaran tembak yang ber-potensi menghasilkan gelombang radiasi infra red. Penelitian ini merupakan penelitian awal guna mengetahui sejauh mana karakteristik sumber radiasi, untuk hal tersebut maka perlu dirancang sistem akuisisi data guna mengukur radiasi infra merah, khusus untuk karakter panjang gelombang, nilai emisifitas, temperatur yang dapat dikonversi menjadi panjang gelombang, dan faktor

jarak. Penelitian ini akan menjadi awal penelitian dan pengembangan sistem *seeker* berbasis *filter Infra Red*, khusus dengan panjang gelombang pada *Mid-Infra Red*. Aplikasi pendeteksi panas misalnya terdapat pada sistem *seeker* roket seperti *stinger* yang menggunakan detektor panas dalam bentuk *matrik pixel*. Dengan mengetahui karakteristik sebaran panas *plume* roket, *stinger* dapat mengejar target roket atau pesawat lawan.

Untuk mengawali penelitian tersebut, perlu dilakukan karakterisasi terhadap plume roket dengan meng-

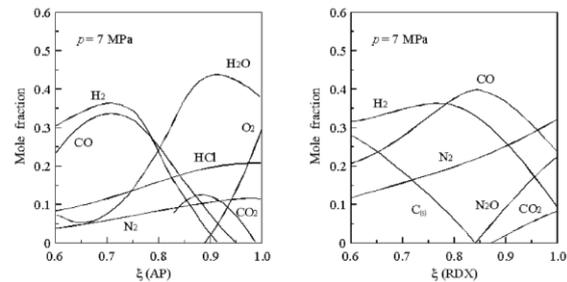
gunakan kamera inframerah thermovision. Informasi yang dihasilkan adalah berupa gambar visual sebaran suhu baik berupa foto maupun video. Pada nozzle jet 120 radiasi plume dapat diperoleh pada suhu berkisar 225-645°C. Suhu yang diukur dikonversi ke dalam panjang gelombang diperoleh kisaran 3.25 – 6 um. Perancangan akuisisi data sumber inframerah ini dilakukan menggunakan modul mikrokontroller 8 bit untuk mendapatkan data sinyal dari detektor thermovision secara *realtime* dan menyimpannya pada komputer dalam bentuk *fileteks*. Dari segi ukuran penyimpanan data *fileteks* jauh lebih kecil daripada informasi gambar ataupun video.

Selain itu dengan menggunakan mikrokontroller untuk mengakuisisi inframerah pada detektor thermovision bisa ditambahkan fungsi untuk mengaktifkan aktuator misalnya pada bagian servo sirip sebuah roket atau servo gimbal kamera pada UAV. Data pengamatan suhu terhadap suatu titik yang tetap fungsi waktu akan lebih detail ditunjukkan dengan grafik akuisisi data inframerah yang telah dibuat.

## 2 DASAR TEORI

Sebuah propelan motor roket yang terbakar menghasilkan sinar inframerah akibat menghasilkan molekul CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O dalam suhu yang tinggi. Saat propelan nitropolymer atau propelan AP terbakar, molekul-molekul CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O dalam suhu tinggi banyak terbentuk. Grafik hasil pembakaran propelan jenis AP-HTPB dan RDX-HTPB ditunjukkan Gambar 2-1.

Gas CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O akan menyerap radiasi dan mengemisikannya kembali. Perhitungannya sangat kompleks formula yang dipakai adalah menggunakan *Hottel and Sarofin* "Radiative Heat Transfer". Hasilnya Dapat ditunjukkan pada Tabel 2-1.

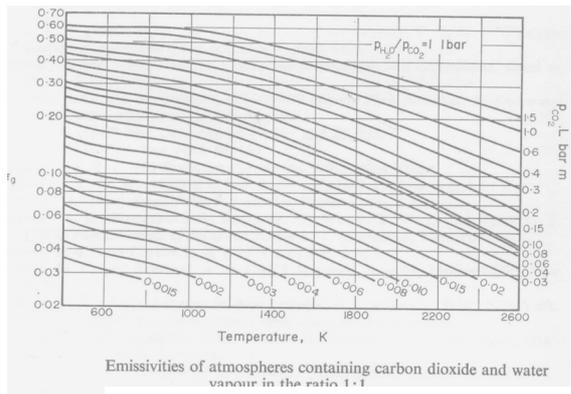


Gambar 2-1: Perbandingan Mole hasil pembakaran yang dibentuk oleh propelan komposit AP-HTPB dan RDX-HTPB

Tabel 2-1: EMISIVITAS GAS (Kubota, Namimosuke, 2007)

EMISSIONS		TEMPERATURES	
Refractory e <sub>1</sub> :	0.70	Temperature furnace floor T <sub>f</sub>	1,316 degC
Carbon dioxide e <sub>CO2</sub> :	0.08	Gas temperature T <sub>g</sub>	1,399 degC
Water vapor e <sub>H2O</sub> :	0.08	Exit stack gas temperature T <sub>s</sub>	1,400 degC
Gas emissivity : e <sub>g</sub>	0.17	Surface temperature T <sub>1</sub>	1,347 degC
Receiving surface e <sub>2</sub> :	0.33	Pseudo adiabatic temp : T <sub>af</sub>	1,733 degC
		Mean gas temperature T <sub>gl</sub>	1,373 degC

Emisivitas gas dihitung hanya pada dimensi permukaan yang diberikan. Grafik Gambar 2-2 menunjukkan emisivitas gas dengan perbandingan 1:1 dari Gas CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Emisivitas gas semakin tinggi dengan semakin tingginya tekanan gas tersebut.



Gambar 2-2: Grafik emisivitas CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O (Kubota, Naminosuke, 2007)

Panjang gelombang cahaya inframerah yang dipancarkan suatu benda dapat diketahui dengan formula yang ditemukan oleh Max Planck berikut (Thermovision™ A20 M, 004).

$$W_{\lambda b} = \frac{2\pi hc^3}{\lambda^5 \left( e^{\frac{hc}{\lambda k T}} - 1 \right)} \times 10^{-6} \left[ \text{Watt/m}^2 \mu\text{m} \right] \quad (2-1)$$

dimana

- $W_{\lambda b}$  = radiant emitansi dari benda hitam pada panjang gelombang  $\lambda$
- c = kecepatan cahaya  $3 \times 10^8$  m/s
- h = konstanta plank  $6.6 \times 10^{-34}$  Joule/K
- k = konstanta boltzman  $1,4 \times 10^{-23}$  Joule/K
- T = suhu absolute benda hitam dalam Kelvin
- $\lambda$  = panjang gelombang

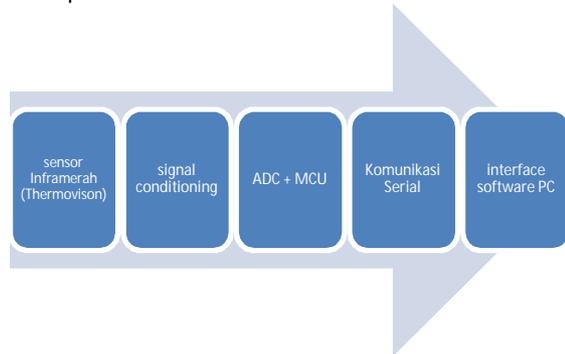
Grafik dari persamaan Planck di atas akan menunjukkan pergeseran puncak panjang gelombang dari radiasi benda hitam dan diturunkan formulanya oleh Wien untuk puncak panjang gelombang relatif terhadap suhu sebagai berikut (Thermovision™ A20 M, 2004):

$$\lambda_{max} = \frac{2898}{T} \mu\text{m} \quad (2-2)$$

### 3 PERANCANGAN

Guna mendapatkan karakteristik dari plume roket khususnya panjang gelombang inframerah yang dipancarkan

maka perlu adanya sebuah akuisisi data secara eksperimen. Pada masing-masing bagian roket tentunya akan terdapat sebaran panas dengan emisivitas dan panjang gelombang tertentu misalnya di bagian nozzle, plume itu sendiri dan bodi motor roket. Tahapan akuisisi data karakterisasi plume roket dengan sensor inframerah *thermopile array* ditunjukkan pada Gambar 3-1.



Gambar 3-1: Tahapan Sistem Akuisisi Data Karakterisasi Plume Roket



Gambar 3-2: Gambar prototipe sistem akuisisi data inframerah

Pada sisi sensor inframerah thermovision terdapat bahan semikonduktor yang peka terhadap cahaya inframerah. Apabila cahaya inframerah mengenai bidang sensor maka sensor akan mengeluarkan pembawa muatan hole dan elektron sehingga bahan sensor semakin konduktif dan tegangan keluaran pada pengkondisi sinyal akan meningkat. Melalui konverter analog ke digital dan MCU sebuah mikrokontroler informasi analog tersebut diubah ke dalam informasi digital untuk dikirimkan ke

komputer melalui mekanisme komunikasi serial. Algoritma pemrograman MCU dalam pengambilan dan pengiriman data adalah sebagai berikut:

Mulai

Konfigurasi ADC secara polling AVCC

sebagai referensi 5 volt

Konfigurasi serial 38400 BPS

Do

Baca data adc dan konversi ke tegangan

Kirimkan ke komputer dalam format

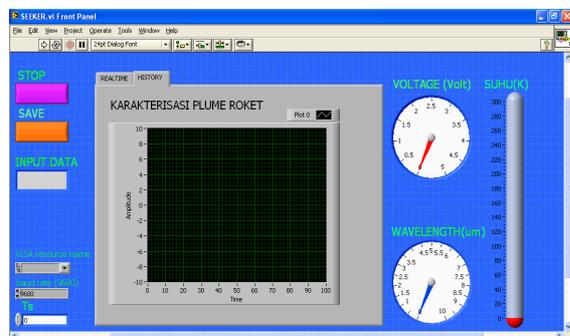
\$TV,Voltage <CR><LF>

Delay sampling time 50 ms

Loop

Selesai

Pada sisi penerima di komputer dirancang sebuah *interface* penerima data, pemroses dan penampil data secara visual yang dibangun dengan bahasa pemrograman *labview* 8.0. tampilan *front panel* sisi penerima ditunjukkan sebagai Gambar 3-3 berikut.



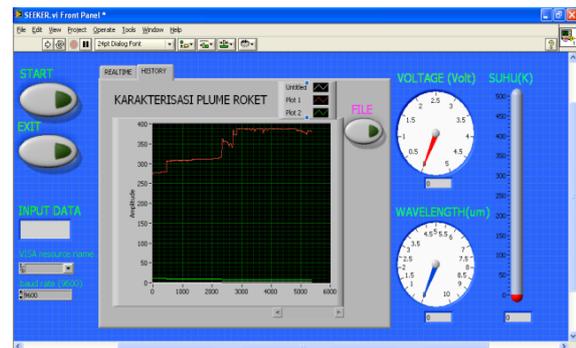
Gambar 3-3: Front Panel Software Akuisisi Data Karakterisasi Plume Roket

#### 4 PENGUJIAN

Pengujian karakterisasi plume roket ataupun jet pesawat dapat disimulasikan dengan suatu sumber inframerah dengan karakteristik panjang gelombang yang mendekati plume roket. BaF<sub>2</sub> adalah sebuah bahan yang bersifat sebagai benda hitam yang memancarkan cahaya inframerah. Pada semburan jet ataupun roket memiliki rentang panjang

gelombang plume di 3 um, dan bagian nozzle 2.5 um. Melalui pengamatan karakterisasi dengan alat yang telah dibuat akan diuji apakah mampu mengakuisisi data panjang gelombang BaF<sub>2</sub> dengan baik.

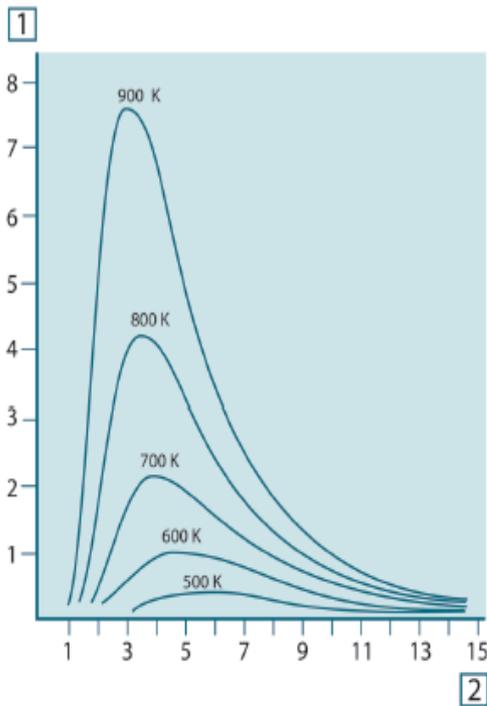
Berdasarkan lembar data teknis BaF<sub>2</sub> memiliki emisivitas 0,95 dan pada penggunaan daya 450mWatt akan memancarkan gelombang inframerah pada panjang gelombang puncaknya di 4,8 um (Emirs200 datasheet). Berikut hasil akuisisi data BaF<sub>2</sub> pada jarak 30 cm.



Gambar 4-1: Grafik Akuisisi Data Inframerah

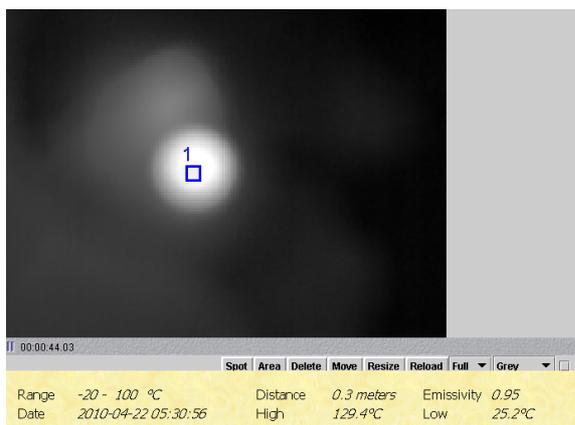
Pada Gambar 4-1 dapat dianalisa saat detektor dinyalakan kondisinya butuh beberapa saat untuk start pengukuran, saat detektor dikenai radiasi inframerah dari sumber inframerah BaF<sub>2</sub>, suhu akan meningkat mencapai 390 Kelvin dan tegangan yang terbaca 1,8 volt dengan puncak gelombang di 7,4 um. Dalam kondisi suhu ruang 24 Celcius tegangan output sudah ada yaitu 0,5 volt yang setara dengan 300 Kelvin. Tampak pada Gambar 4-1 grafik tidak kontinyu karena pergeseran tangan penguji terhadap detektor cukup berpengaruh terhadap hasil pengukuran (tidak pas di titik pengamatan). Untuk itu sebaiknya dalam pengujian plume roket posisi kamera betul-betul tetap menggunakan tripod. Sehingga titik karakterisasi plume tidak bergeser.

Hasil pengukuran Gambar 4-1, selanjutnya kita bandingkan dengan grafik pergeseran panjang gelombang radiasi benda hitam menurut persamaan Planck diatas pada Gambar 4-2.



Gambar 4-2: Spektrum radiasi Benda hitam menurut hukum Plank 1: Radiant emitansi ( $W/cm^2 \times 10^3(um)$ ); 2: Panjang gelombang (um)

Terlihat bahwa untuk puncak panjang gelombang 380 Kelvin berada sekitar 7-8 um. Dan hasil pengukuran menunjukkan tepat 7-8 um. Apabila kita bandingkan terhadap hasil foto dari pengukuran IR Source BaF<sub>2</sub> pada gambar 4-3 dapat kita ketahui letak kebenaran hasil pengukuran.



Gambar 4-3: Foto Hasil Pengukuran Suhu BaF<sub>2</sub>

## 5 ANALISIS

Software komunikasi data antara mikrokontroler dan komputer dengan

*interface labview* yang dibuat telah berfungsi dengan baik pada kecepatan transfer data 38400 BPS dengan sampling data 0,1 detik. Tampak pada awal *thermovision* dinyalakan ada waktu *warming up* atau *delay* pengukuran. Terdapat perbedaan antara spesifikasi panjang gelombang BaF<sub>2</sub> dengan hasil konversi *thermovision* ke panjang gelombang berdasarkan rumus pergeseran wien puncak gelombang 7,3 um padahal pada *datasheet* BaF<sub>2</sub> panjang gelombang 3-5 um. Akan tetapi mengingat alat ukur yang digunakan adalah *thermovision A20* yang memiliki detektor *Focal Plane Array, uncooled microbolometer 160x120 pixel* dengan sensitifitas pada panjang gelombang di 7,5 - 13 um hal ini dapat dimaklumi. Oleh karena itu pemilihan detektor yang disarankan untuk plume roket ataupun IR Source BaF<sub>2</sub> adalah jenis InSb, PbSe, ataupun PbS karena sensitifitasnya ada pada panjang gelombang 3-5 um (Kubota, Naminosuke, 2007).

## 6 KESIMPULAN

Dapat diambil kesimpulan sementara terhadap perancangan akuisisi data *plume* roket ini yaitu:

- Perancangan telah berhasil meng-akuisisi data thermal, panjang gelombang, dan tegangan dari sumber inframerah tanpa kontak sejauh 30 cm.
- Simulasi menggunakan sumber inframerah BaF<sub>2</sub>, dapat dilakukan dengan baik.
- Karakterisasi Plume roket komposit AP-HTPB belum dilakukan karena faktor pengujian uji statik dan terbang belum dilakukan. Alat sudah siap membuat karakterisasi plume roket sebenarnya.
- Sebaiknya digunakan detektor inframerah PbSe, InSb karena sensitifitasnya pada panjang gelombang 3-5 um sesuai dengan *plume* roket padat.
- Dengan alat ini, nanti nya kita dapat membandingkan hasil rancang bangun filter *Infra Red* dan kamera *infra Red*

yang sudah ada di pasaran, khususnya pada kemampuan deteksi sinyal.

#### DAFTAR RUJUKAN

Emirs200 datasheet.

Kubota, Naminosuke, 2007. *Propellants and Explosives* Wiley 2007. Germany.

Simko, Milan etal, 2007. *Application Possibilities of Thermovision Technique in Diagnostics of Aerial System of Radio Transmitters*. 2007 ISSN 1648-4142 Transport. Thermovision™ A20 M, *Operator's manual*. 2004.