

RANCANG BANGUN PERANGKAT LUNAK AKUISISI DATA VIBRASI MODEL ROKET TEROWONGAN ANGIN TRANSONIK LAPAN

Sayr Bahri

Perekayasa Unit Aerodinamika, LAPAN

ABSTRACT

LAPAN transonic wind tunnel facility has done vibration testing to the missile model in transonic velocity. The testing is done by installing missile model on sting support integrated with accelerometer sensor. Running wind tunnel will cause the model vibrates that also sensed by accelerometer. The sensor delivers output signal - formed as electric voltage - and transmits to data acquisition and next to computer for monitoring. The development of data acquisition software is performed to display the result of transonic model vibration testing data. The development also determines to record data for further analysis. The software program chosen to process testing data is LabVIEW 8.0 and then is developed to process data from accelerometer for acceleration and 2 pressure transducers for wind velocity. The development is divided into 2 main parts that are front panel and block diagram. Front panel contains measurement chart, numeric display and gauge meter. Block diagram contains logics for reading communication from data acquisition, calculating and manipulating sensors data to be acceleration and Mach number values. The final result of development is that the software has been tested and performed well under missile model vibration testing inside transonic wind tunnel.

Keywords: *Transonic, Data aquisition, Front panel, Block diagram*

ABSTRAK

Terowongan angin transonik LAPAN telah melakukan pengujian vibrasi pada model roket dalam kecepatan transonik. Pengujian dilakukan dengan memasang model roket pada *sting support* yang terintegrasi dengan sensor *accelerometer*. Ketika terowongan angin dijalankan pada kecepatan angin transonik, model akan mengalami vibrasi yang dirasakan oleh sensor *accelerometer*. Sensor ini memberikan sinyal keluaran yang kemudian diolah oleh akuisisi data vibrasi dan diteruskan menuju komputer untuk ditampilkan. Untuk menampilkan hasil pengujian model vibrasi transonik, dirancang perangkat lunak untuk melakukan pengolahan data digital dari akuisisi data agar dapat ditampilkan sekaligus direkam untuk analisis lebih lanjut. Program perangkat lunak yang digunakan untuk pengolahan data pengujian ini adalah LabVIEW 8.0 yang kemudian dirancang bangun untuk melakukan pengolahan data dari sensor *accelerometer* untuk akselerasi dari model roket dan 2 sensor *pressure transducer* untuk kecepatan angin. Perancangan perangkat lunak terbagi menjadi 2 bagian yaitu *front panel* dan *block diagram*. *Front panel* berisi grafik pengukuran, *display* numerik dan *gauge*. *Block diagram* berisi logika untuk membaca komunikasi dari akuisisi data, perhitungan dan pengolahan data sensor-sensor menjadi besaran akselerasi (G) dan kecepatan (*Mach*). Hasil akhir rancang bangun ini adalah perangkat lunak yang telah diuji dan digunakan dalam pengujian vibrasi model roket terowongan angin transonik.

Kata kunci: *Transonik, Akuisisi data, Perangkat lunak akuisisi data, Front panel, Block diagram*

1 PENDAHULUAN

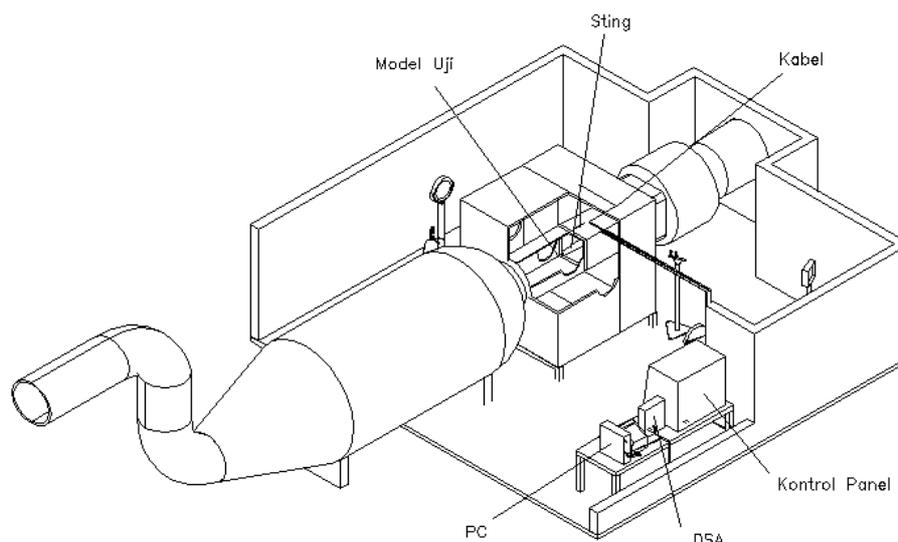
Pengujian vibrasi (getaran) pada model roket terowongan angin transonik bertujuan untuk mengetahui dan memahami fenomena efek *buffet* yang terjadi pada roket ketika melewati kecepatan transonik menuju supersonik. *Buffet* merupakan ketidakstabilan aliran yang berhubungan dengan pemisahan aliran dan menimbulkan pergeseran gaya. Efek *buffet* pada roket dapat mengakibatkan gangguan atau bahkan kegagalan subsistem-subsistem roket sehingga misi dari roket tidak tercapai. Kegagalan subsistem bisa terjadi pada struktur roket, perangkat elektronika/payload/telemetri, stabilitas terbang dan lain sebagainya.

Buffet dicurigai sebagai faktor utama penyebab hilangnya data telemetri roket supersonik LAPAN pada masa lalu, tapi karena belum ada teori yang memadai untuk memperkirakan kapan terjadinya efek *buffet* terhadap roket yang terbang maka kajian secara empiris melalui pengujian terhadap model roket di terowongan angin transonik LAPAN. Pengujian yang dilakukan adalah dengan melakukan pengukuran getaran secara 1 sumbu (sumbu vertikal, sumbu Y) terhadap model tes dan dimonitor secara

real time untuk mengetahui terjadinya efek *buffet*.

Rancang bangun sistem akuisisi data vibrasi dan kecepatan transonik dilakukan agar dapat melakukan pengujian *buffet* pada model roket di terowongan angin transonik. Perancangan ini dimulai dari pemilihan sensor getaran dan sensor kecepatan, desain peletakan sensor getaran pada *sting support* model, desain rangkaian elektronika akuisisi data dan *Printed Circuit Board* (PCB), perakitan perangkat keras akuisisi data, perancangan sistem komunikasi dengan komputer dan perancangan perangkat lunak akuisisi data untuk sistem akuisisi data.

Rancang bangun perangkat lunak ini pada intinya adalah membaca keluaran dari akuisisi data kemudian melakukan pengolahan dan manipulasi data digital lalu ditampilkan dalam monitor komputer berupa tampilan grafik dan angka yang menunjukkan proses pengujian terowongan angin secara *real time* dan juga aksesori-aksesori yang berfungsi untuk membantu pemakai dalam menjalankan tugas penelitian dalam pengujian terowongan angin.



Gambar 1-1: Instalasi pengujian vibrasi model roket pada terowongan angin transonik LAPAN

Rancang bangun perangkat lunak ini menjadi penting karena merupakan penggabungan dari *monitoring* pengujian vibrasi secara *real time*, perekaman seluruh data sensor-sensor serta parameter-parameter lain dan karya seni dari tampilan *front panel* perangkat lunak. *Monitoring* berguna untuk analisis *real time*, perekaman berguna untuk *data base* pengujian dan analisis lebih dalam dan karya seni berguna untuk kenyamanan operator dalam menggunakan perangkat lunak.

2 SENSOR DAN AKUISISI DATA

Pengujian vibrasi ini menggunakan 3 buah sensor, yaitu 1 buah sensor *accelerometer* untuk melakukan pengukuran vibrasi model roket dan 2 buah sensor *pressure* untuk melakukan pengukuran kecepatan angin di terowongan angin. Sensor *accelerometer* yang digunakan memiliki rentang pengukuran ± 6 G, rentang frekuensi pengukuran 0 – 1,5 kHz dan keluaran 0,5 – 4,5 V. Sumbu yang digunakan pada *accelerometer* adalah sumbu vertikal saja. Sensor *pressure* pertama digunakan untuk mengukur tekanan total pada tangki stagnasi terowongan angin, dimana sensor memiliki rentang pengukuran 2,18 – 101,5 psia dan keluaran 0,2 – 4,7 V. Sensor *pressure* kedua digunakan untuk mengukur tekanan statik pada seksi uji terowongan angin, dimana sensor memiliki rentang pengukuran 0 – 100 psig dan keluaran 1 – 5 V. Masukan kedua sensor *pressure* digunakan untuk melakukan perhitungan kecepatan *mach* pada terowongan angin dengan formula sebagai berikut:

$$\frac{P}{P_t} = \left(1 + \frac{\gamma - 1}{2} M^2\right)^{-\left[\frac{\gamma}{\gamma - 1}\right]}$$

dengan:

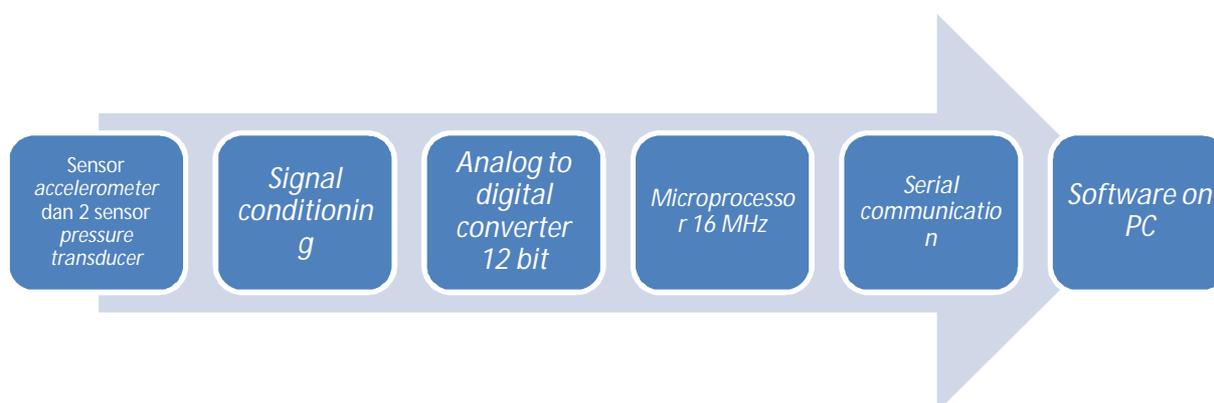
P : tekanan static

P_t : tekanan total

γ : rasio panas spesifik

Keluaran dari ketiga sensor tersebut kemudian diolah oleh akuisisi data untuk ditransmisikan ke komputer. Pada prinsipnya terdapat beberapa tahap dalam akuisisi data yaitu tahap pertama *signal conditioning* dimana sinyal analog keluaran dari sensor vibrasi dan kecepatan dikondisikan agar lebar keluarannya (*output span*) sesuai dengan rentang masukan dari *Analag to Digital Converter* (ADC) dan juga difilter untuk memurnikan sinyal analog dari sinyal pengganggu (*noise*). Tahapan kedua yaitu proses konversi sinyal analog menjadi sinyal digital. Proses ini dilakukan oleh perangkat yang dinamakan *Analog to Digital Converter* (ADC). ADC akan melakukan kuantisasi terhadap masukan analog dan mengubahnya menjadi bilangan biner. Karakteristik penting ADC dipengaruhi oleh resolusi yaitu kemampuan untuk mengukur perubahan terkecil dari sinyal input. Karakter kedua adalah kecepatan atau dikenal dengan istilah *conversion rate* yang berarti berapa banyak data sinyal input yang diambil (*sample*) dan dikonversi menjadi sinyal digital (*hold*) setiap waktu. Dalam akuisisi data ini digunakan ADC dengan resolusi 12 bit, *sampling rate* 100 kpsps dan jumlah kanal masukan analog 8 buah.

Microprocessor dalam sistem akuisisi data vibrasi dan kecepatan ini bertugas untuk mengatur lalu lintas sinyal analog yang akan masuk menuju analog input ADC dan juga sinyal digital yang akan dikeluarkan ADC dari digital output menuju komputer. *Microprocessor* yang digunakan memiliki *clock* 16 MHz. *Serial communication* adalah salah satu protokol komunikasi antara sebuah perangkat dengan komputer. Dengan perangkat lunak akuisisi data pada komputer, data *serial* dari akuisisi data kemudian akan diubah menjadi tampilan angka dan grafik pengukuran besaran getaran dan kecepatan ketika pengujian model vibrasi terowongan angin transonik.



Gambar 2-1: Tahapan sistem akuisisi data vibrasi model roket terowongan angin transonik

3 PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK AKUISISI DATA

Perancangan perangkat lunak akuisisi data dengan LabVIEW terdapat 2 bagian utama yaitu perancangan *front panel* dan perancangan *block diagram*. *Front panel* adalah tampilan yang nantinya akan diperlihatkan perangkat lunak ketika pengujian terowongan angin dilakukan sedangkan *block diagram* adalah bahasa pemrograman untuk melakukan fungsi perangkat lunak akuisisi data dalam menampilkan grafik dan *display* angka serta merekam hasil pengujian terowongan angin. Alur perancangan perangkat lunak akan terlihat pada Gambar 3-1.

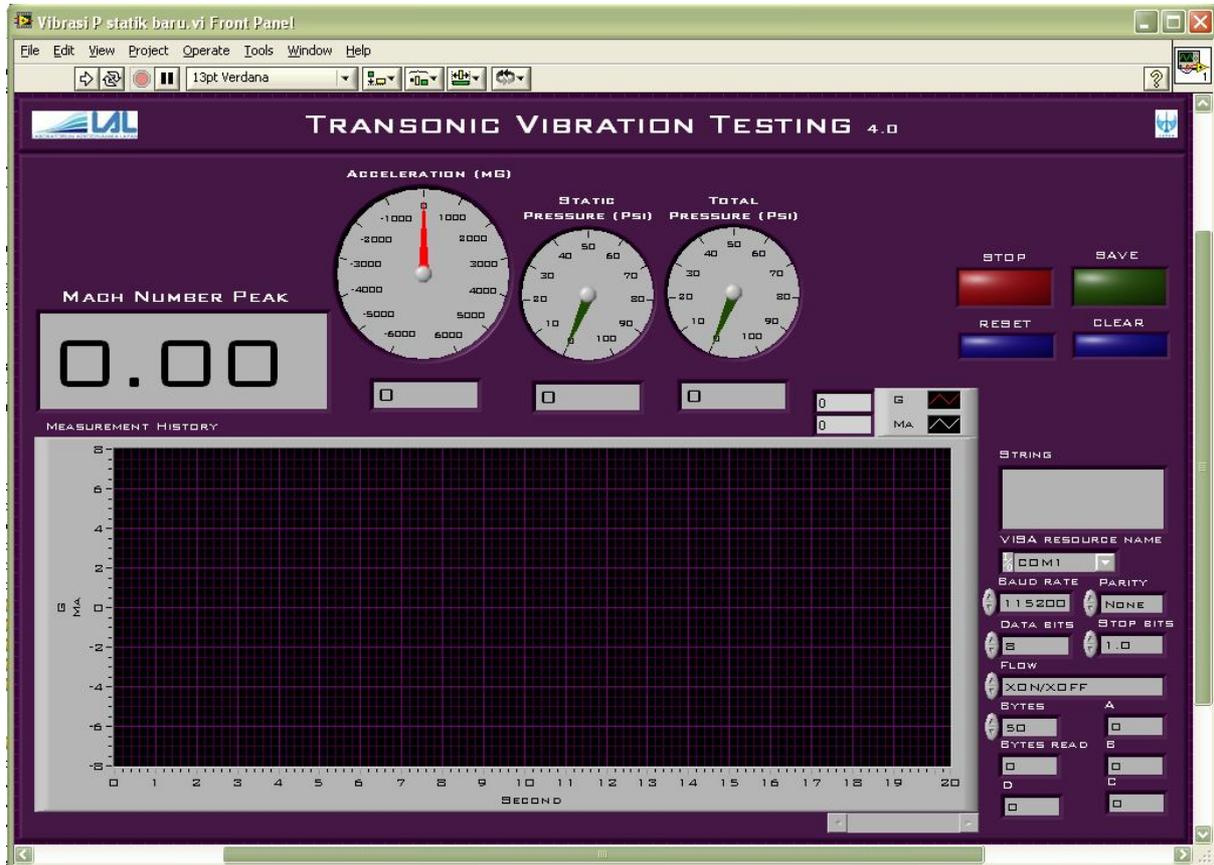
Perancangan *front panel* merupakan pekerjaan pertama dalam perancangan perangkat lunak terlihat pada Gambar 3-2. *Front panel* dari perangkat lunak ini memiliki 2 bagian penting yaitu tampilan dekoratif dan fungsional. Tampilan dekoratif dirancang untuk memperindah *layout* perangkat lunak sedangkan tampilan fungsional dirancang untuk kemudahan operator dalam melakukan *monitoring* pengujian.

Front panel perangkat lunak terdiri dari background panel berwarna ungu sebagai dasar dari judul perangkat lunak, logo, grafik *real time*, *gauge meter*, tombol kontrol perangkat lunak, *display* numerik dan *display* komunikasi *serial* dari akuisisi data. Pada bagian atas adalah judul perangkat lunak dengan

logo instansi, kemudian di bagian bawah terdapat *display mach* number peak yang berfungsi untuk mengetahui kecepatan maksimal *mach* number ketika melakukan pengujian. Di samping kanan *display mach number peak* terdapat 3 *gauge meter* masing-masing dengan *display* numerik di bawahnya. *Gauge* pertama adalah meter penunjuk akselerasi dalam satuan miliG (mG), kemudian *gauge* tekanan statik dalam satuan psia dan yang terakhir adalah *gauge* tekanan total dalam satuan psia. Di samping kanan *gauge meter* terdapat 4 tombol sebagai kendali operasi perangkat lunak. Tombol *Stop* dengan identitas merah berfungsi untuk menghentikan perangkat lunak ketika melakukan *monitoring* pengujian. Tombol *Save* dengan identitas hijau berguna untuk merekam data pengujian. Tombol *Reset* berfungsi untuk mereset offset output dari sensor-sensor, dimana *accelerometer* direset pada 0 G, tekanan statik dan total direset pada 14,67 psi (1 atm). Tombol *Clear* berfungsi untuk mereset waktu pada grafik pengukuran pada waktu 0 detik. Pada bagian paling bawah perangkat lunak terdapat grafik pengukuran *real time* yang melakukan *monitoring real time* terhadap besaran akselerasi (G), *mach* (Ma) terhadap waktu (t). Di samping kanan grafik terdapat *display-display monitor* dan *control* komunikasi *serial* dari akuisisi data.



Gambar 3-1: Alur perancangan perangkat lunak akuisisi data vibrasi terowongan angin transonik



Gambar 3-2: Perancangan *front panel* perangkat lunak akuisisi data vibrasi

Block diagram terdiri dari logika pembacaan dan pengolahan data komunikasi *serial* dari akuisisi data, logika perhitungan nilai akselerasi, tekanan statik, tekanan total dan *mach number* dan logika tombol *stop*, *save*, *reset* dan *clear*. Pembacaan data komunikasi *serial* terdiri dari penyetingan konfigurasi *port serial* di antaranya *baud rate*, *data bits*, *parity*, *stop bits* dan *flow control*. Kemudian data diset *buffer size*-nya dan masuk ke *routine* utama. Di dalam *routine* utama data dibaca, dicocokkan dengan pola yang telah ditentukan kemudian dipisahkan menjadi 3 data sensor. Setelah data dipisah menjadi 3

kemudian data ini dimasukkan dalam persamaan yang telah disintesis agar menghasilkan nilai besaran akselerasi, tekanan statik, tekanan total dan *mach number*. Setelah melewati proses ini maka data dapat dikirim pada *display*, *gauge* dan grafik pada *front panel*. Data akhir dari pengolahan data ini yaitu akselerasi, tekanan statik, tekanan total dan *mach number* kemudian direkam dalam *file* yang dibuka dalam bentuk *Microsoft excel* jika tombol *save* ditekan. Logika *clear graph* berada pada *routine* utama dengan membuat nilai waktu grafik *real time* yang telah berjalan kembali menjadi nol detik. Logika *reset*

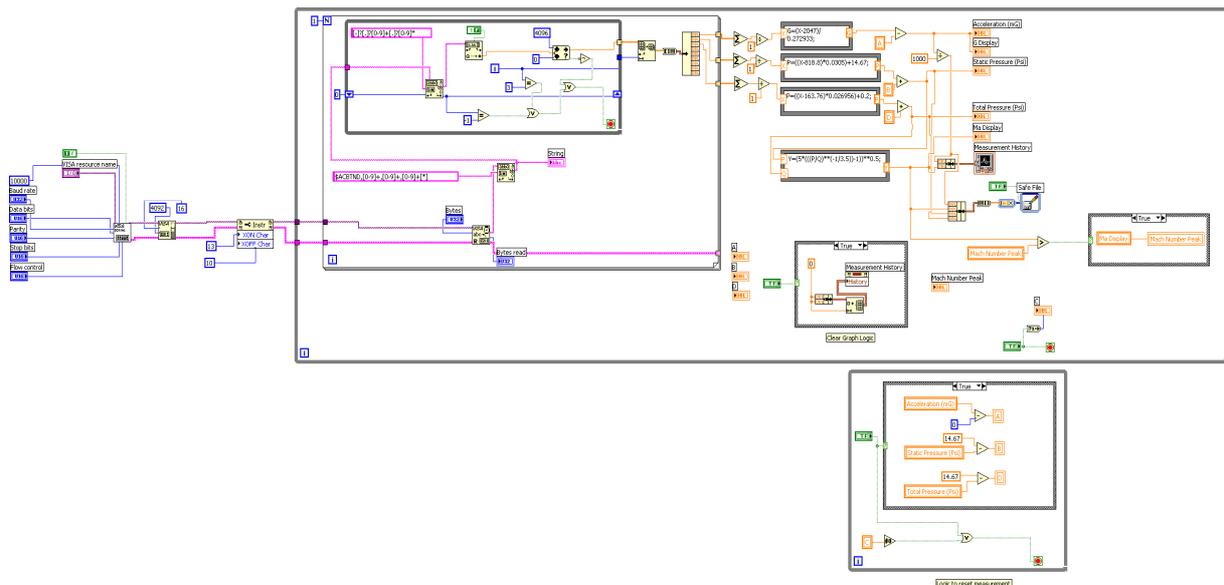
berada pada subroutine sendiri dengan mereset offset akselerasi menjadi 0 mG dan mereset tekanan statik dan total menjadi 14,67 psi (1 atm). *Block diagram* yang telah dirancang terlihat pada Gambar 4-1.

4 PENGUJIAN PERANGKAT LUNAK AKUISISI DATA

Perangkat lunak akuisisi data ini digunakan dalam pengujian vibrasi model roket transonik. Konfigurasi pengujian adalah sebagai berikut:

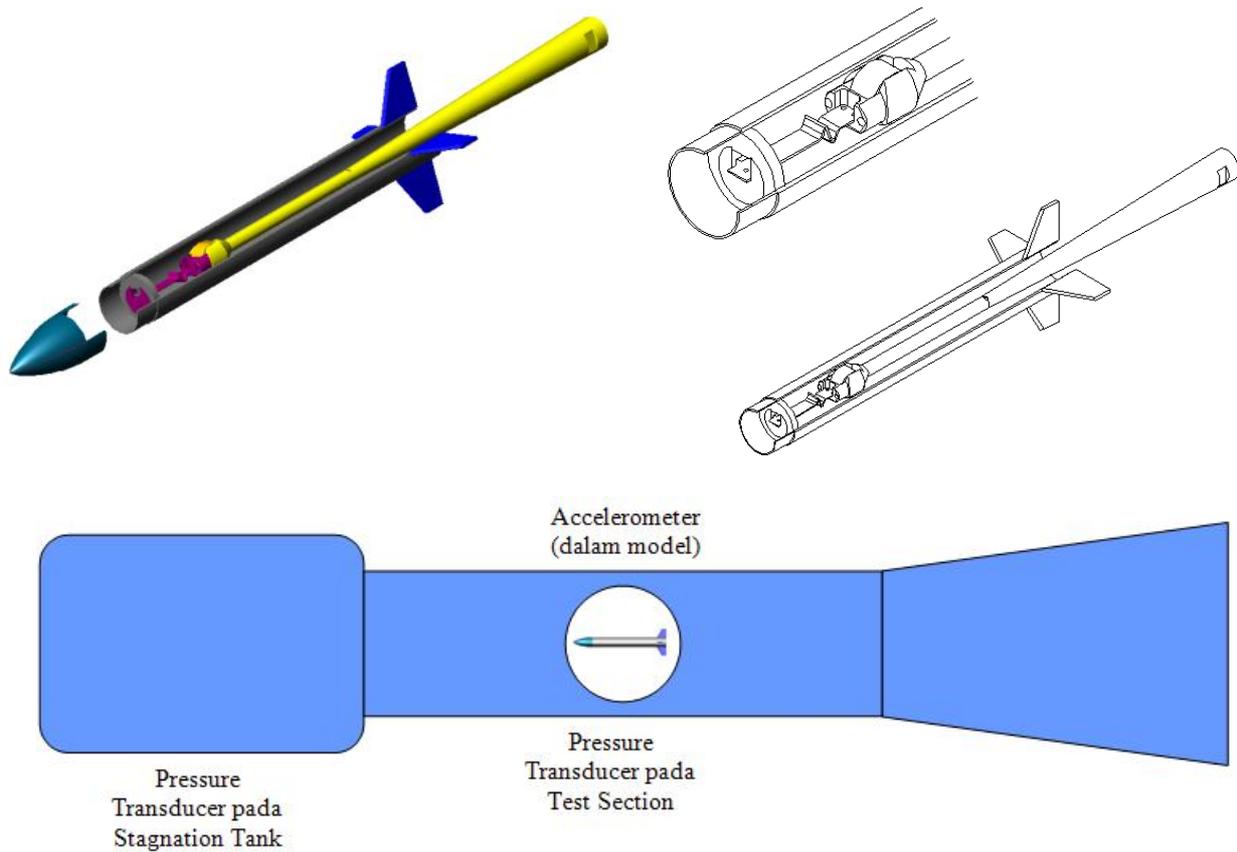
- Terowongan angin : Transonik
- Kecepatan pengujian : $\pm 0,9$ Mach
- Waktu pengujian : ± 16 detik

- Model : Model roket vibrasi dengan variasi *nose* dan variasi *fin*
- Pengukuran : Akselerasi terhadap waktu (G vs t)
- Sudut serang model : 0°
- Variasi *nose* :
 1. *Nose Tangent Ogive*
 2. *Nose Ellipse*
 3. *Nose Von Karman*
 4. *Nose Haack*
- Variasi *fin* :
 1. *Fin Long Trapezoid*
 2. *Fin Triangle*
 3. *Fin Square*

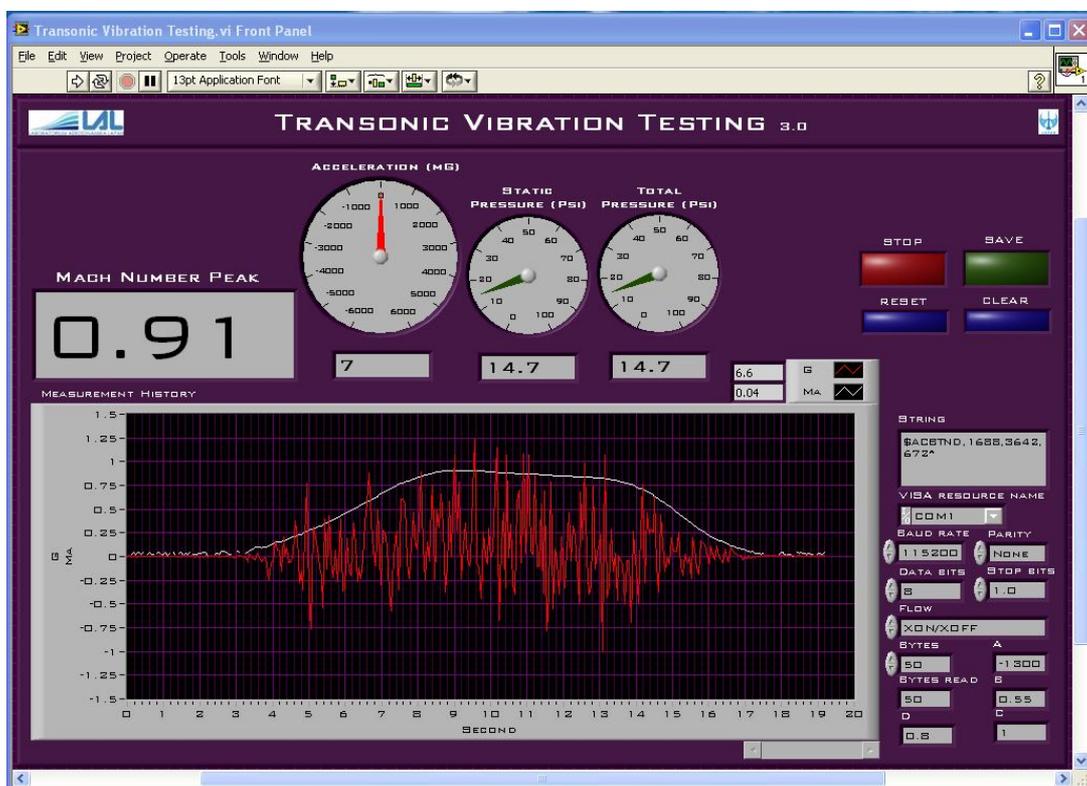


Gambar 4-1: *Block diagram* perangkat lunak akuisisi data vibrasi dalam posisi *landscape*

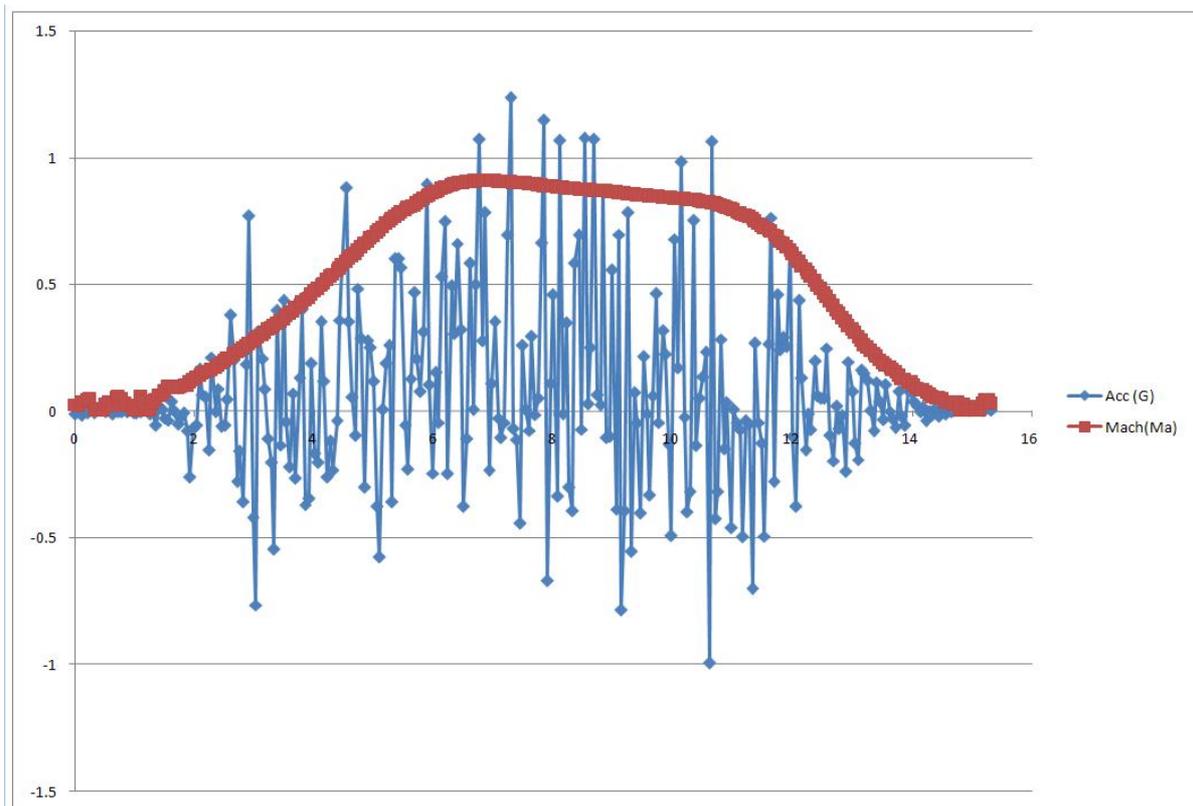
Berikut ini adalah *layout* model dan sistem pengujian vibrasi model roket transonik:



Gambar 4-2: *Layout* model roket dan posisi model roket di terowongan angin transonik
Berikut ini ditampilkan hasil pengujian dari salah satu varian model roket:



Gambar 4-3: *Printscreen* perangkat lunak akuisisi data pada pengujian model vibrasi nose ellipse fin long trapezoid



Gambar 4-4: Rekaman data numerik dari perangkat lunak yang diplot kembali dalam bentuk grafik. Model uji yaitu model *nose ellipse fin long trapezoid*

Data pengujian yang direkam pada software yaitu data akselerasi (G) dan kecepatan angin (Mach). Data kecepatan angin diturunkan secara perhitungan matematika dari data tekanan total dan statik yang berasal sensor pada terowongan angin. Dari perekaman data didapatkan kecepatan pengambilan data yaitu rata-rata 20 data per detik. Kecepatan pengambilan data ini sangat bergantung dari kecepatan *microprocessor* dan ADC.

Dari tren data dapat dilihat vibrasi pada model roket semakin bertambah seiring dengan bertambahnya *mach number*. Data-data penting yang dapat diambil dari pengujian ini yaitu:

- Akselerasi atas maksimal = 1,2369 G, t = 6,14 detik, v = 0,9020 Ma.
- Akselerasi bawah maksimal = - 0.9944 G, t = 9,453 detik, v = 0,8219 Ma.
- Kecepatan maksimal = 0,9083 Ma, t = 5,672 detik, g = 0,2770 G

5 KESIMPULAN & SARAN

Kesimpulan yang diperoleh dari rancang bangun perangkat lunak akuisisi data vibrasi model roket terowongan angin transonik ialah:

- Rancang bangun perangkat lunak selesai dilaksanakan dan perangkat lunak dioperasikan pada seluruh varian model vibrasi.
- Hasil Keluaran yang ditampilkan oleh perangkat lunak yaitu berupa data akselerasi (G) dan kecepatan angin (Mach), sedangkan data yang direkam oleh perangkat lunak yaitu data akselerasi (G), kecepatan angin (Mach), tekanan total (psi) dan tekanan statik (psi).
- Kecepatan pengambilan data yang direkam oleh perangkat lunak yaitu rata-rata 20 data per detik.
- Akselerasi atas maksimal = 1,2369 G, t = 6,14 detik, v = 0,9020 Ma.
- Akselerasi bawah maksimal = - 0.9944 G, t = 9,453 detik, v = 0,8219 Ma.

- Kecepatan maksimal = 0,9083 Ma, t = 5,672 detik, g = 0,2770 G.

Saran yang dapat diberikan setelah melakukan pengembangan ini adalah:

- Melakukan kalibrasi sensor untuk mendapatkan perhitungan besaran lebih akurat dimana saat ini perhitungan sensor menggunakan spesifikasi dari pabrik.
- Melakukan pengembangan lebih lanjut untuk menampilkan grafik akselerasi dalam domain frekuensi.

DAFTAR RUJUKAN

- Aerolab, *Instruction for Installation and operation of Aerolab 12"x12" Supersonic Wind Tunnel*. Book 1.
- Aerolab, *Instruction for Installation and operation of Aerolab 12"x12" Supersonic Wind Tunnel*. Book 2.
- Doebelin. Ernest, 1990. *Measurement System: Application and Design*, Fourth Edition, McGraw-Hill.
- LabVIEW Basic I. *Development Course Manual*.
- Pope. Alan, Goin L. Kenneth, 1978. *High Speed Wind Tunnel Testing*, Robert E. Krieger.
- Taylor, 1997. Rosemary. *Data Acquisition For Sensor System*, Chapman & Hall.