

INTEGRASI SISTEM AKUISISI DATA UNTUK UJI STATIK RODA PENDARATAN UTAMA LSU-02 NGLD

INTEGRATION OF DATA ACQUISITION SYSTEM FOR MAIN LANDING GEAR LSU-02 NGLD STATIC TEST

Yusuf Giri Wijaya, Nur Mufidatul Ula, Muksin
Pusat Teknologi Penerbangan, LAPAN, Rumpin - Bogor
yusuf.giri@lapan.go.id

Abstrak

Roda pendaratan utama LSU-02 NGLD harus mempunyai struktur yang kuat dan ringan untuk menahan beban yang akan diterimanya pada saat mendarat. Struktur roda pendaratan utama tersebut dapat dikatakan kuat apabila dapat dibuktikan dengan berbagai macam metode, salah satunya dibuktikan dengan cara eksperimental. Penelitian ini merupakan pengembangan dari sistem akuisisi data untuk uji statik roda pendaratan utama LSU-02 NGLD. dengan menggabungkan pembacaan parameter defleksi, regangan dan beban pada satu data akuisisi yang menggunakan DAQ National Instruments dan software Labview untuk GUI telah menghasilkan sistem data akuisisi yang lebih baik karena lebih efektif dan efisien dalam pengoperasiannya serta mudah dalam pengoperasiannya. Sistem ini telah divalidasi dengan cara dilakukan kalibrasi terlebih dahulu untuk sensor yang digunakan. Hasil yang didapatkan dari proses kalibrasi menunjukkan bahwa pembacaan data regangan memiliki tingkat kesalahan relatif yang rendah. Pembacaan data defleksi dan beban pada saat dikalibrasi didapatkan hasil yang linear. Kata kunci: LSU-02 NGLD, roda pendaratan utama, sistem akuisisi data, sensor

Abstract

LSU-02 NGLD's main landing gear must have a strong and light structure to withstand the load it will receive on landing. The main landing gear structure can be said to be strong if it can be proven by various methods, one of which is proven by experimental method. This research is a development of a data acquisition system for static testing of the main landing gear LSU-02 NGLD by combining the deflection, strain and load readings on one data acquisition system that uses DAQ National Instruments and LabVIEW has produced a better data acquisition system because it is more effective and efficient in its operation and easy to use. This system has been validated by calibrating the sensor used. The results obtained from the calibration process indicate that reading strain data has a relatively low error rate. The reading of deflection and load is linear when calibrated.
Keywords: LSU-02 NGLD, main landing gear, data acquisition system, sensor

1. PENDAHULUAN

LSU-02 NGLD adalah pesawat terbang tanpa awak yang sedang dikembangkan oleh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN). LSU-02 NGLD dirancang untuk dapat melakukan misi, salah satu misinya adalah pemantauan kapal penangkap ikan tak berizin dan pemetaan wilayah terdampak bencana. Guna menunjang misi yang dijalankan oleh LSU-02 NGLD, maka dibutuhkan komponen penyusun LSU-02 NGLD yang berkualitas dan memiliki tingkat resiko kegagalan yang rendah. Salah satu dari komponen penyusun LSU-02 NGLD yang perannya sangat penting adalah roda pendaratan utama. Roda pendaratan utama mempunyai fungsi menyerap energi pada saat pendaratan, menahan beban saat pengereman, dan mengendalikan kestabilan pesawat saat berjalan di landasan [1]. Roda pendaratan utama LSU-02 NGLD harus mempunyai struktur yang kuat namun memiliki bobot yang ringan mungkin [2].

Struktur roda pendaratan utama dapat dikatakan kuat apabila dapat dibuktikan dengan berbagai macam metode. Pembuktian kekuatan struktur roda pendaratan utama ini dapat dilakukan dengan

melakukan simulasi dan pengujian eksperimental[3]. Pengujian roda pendaratan utama baik statik maupun dinamik dapat dilakukan dengan simulasi menggunakan bantuan software. Simulasi pengujian kekuatan struktur roda pendaratan LSU secara statik dapat dilakukan menggunakan software ABAQUS [4] dan simulasi pengujian dinamis dapat dilakukan dengan menggunakan software MSC ADAMS[5].

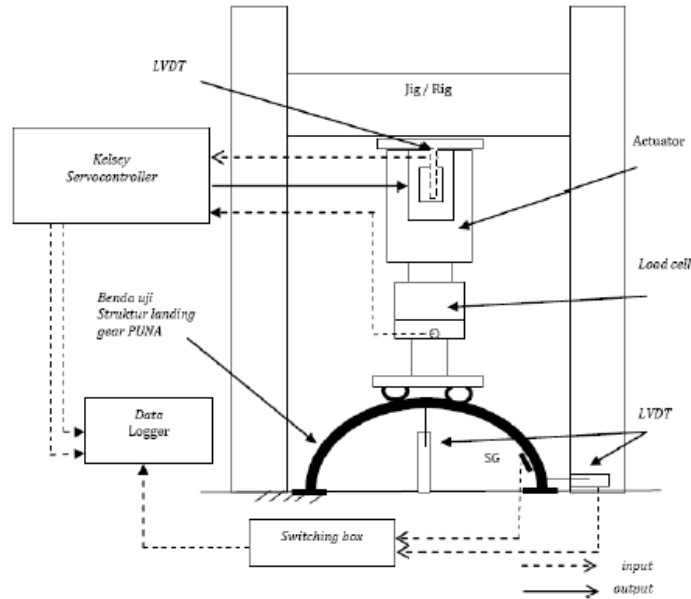
Pada LSU-05 kekuatan struktur roda pendaratan utama telah disimulasikan dengan cara melakukan evaluasi kriteria kegagalan *Tsai-Hill* [2]. Hal ini juga didukung oleh hasil pengujian eksperimental yang telah dilakukan terhadap struktur rangka roda pendaratan utama LSU-05. Di mana pada pengujian tersebut menggunakan dua jenis data akuisisi yang berbeda yaitu menggunakan DAQ NI dan DAQ TML DC-204R[1]. Penggunaan dua data akuisisi yang berbeda didalam satu pengujian mempunyai kelemahan, yaitu membutuhkan perangkat yang lebih banyak sehingga dibutuhkan biaya lebih banyak untuk instalasi dan perawatannya. Kelemahan lainnya yaitu kesulitan dalam melakukan analisa data hasil pengujian. Jika data yang dihasilkan bersifat terus – menerus atau kontinyu terhadap waktu maka kita akan sulit membandingkan data dari sistem akuisisi data yang satu dengan data dari sistem akuisisi data lainnya dikarenakan kedua data tersebut memiliki waktu kejadian yang mungkin berbeda. Hal ini bisa diakibatkan kedua sistem akuisisi data tersebut memiliki *sampling rate* yang berbeda juga dapat diakibatkan oleh tidak samanya waktu mulai bekerjanya dua sistem akuisisi data tersebut.

Berdasarkan permasalahan tersebut maka pada penelitian ini akan dikembangkan satu sistem akuisisi data dengan menggunakan perangkat keras sistem akuisisi data yaitu DAQ NI yang dipadukan dengan perangkat lunak Labview untuk mengakuisisi semua sensor yang digunakan dalam pengujian statik kekuatan struktur roda pendaratan utama LSU-02 NGLD. Sehingga diharapkan dapat menghasilkan sistem akuisisi data untuk pengujian roda pendaratan utama LSU-02 NGLD yang lebih praktis dan efisien dalam penggunaannya.

2. KONFIGURASI SISTEM DATA AKUISISI

2.1. Test Bed Pengujian Statik Roda Pendaratan Utama

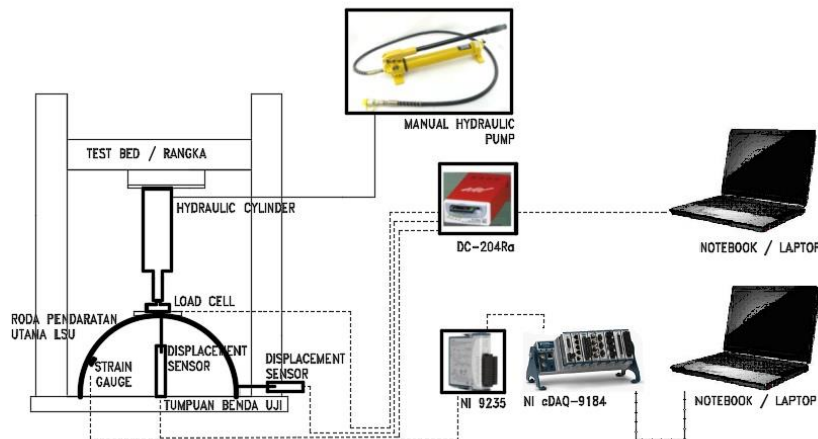
Pengujian statik pada roda pendaratan utama berfungsi untuk mengukur dan mengetahui karakteristik dari struktur roda pendaratan utama pada saat mendapatkan gaya tekan atau beban[1]. Tujuan pengujian roda pendaratan utama adalah menghasilkan roda pendaratan utama dengan berat seringan mungkin namun tetap kuat menerima berat ataupun gaya dari luar tanpa kegagalan [6]. Cara kerja pengujian statik ini adalah dengan memberikan gaya tekan pada roda pendaratan utama dengan menggunakan alat tekan. Pada alat uji ini untuk alat tekan menggunakan *linear actuator* bertenaga listrik. Alat tekan tersebut dapat diatur pergerakannya menggunakan *remote control*. Alat tekan ini dipasang pada rangka utama yang terbuat dari besi.



Gambar 1. Referensi alat uji tekan roda pendaratan utama LSU [7]

Rangka utama dibuat sangat kuat karena berfungsi untuk menahan gaya balik yang diakibatkan saat menekan roda pendaratan utama. Agar pada saat pengujian roda pendaratan utama tetap pada posisinya maka roda pendaratan utama tersebut dipasang pada sebuah tumpuan yang berbentuk rel. Tumpuan benda uji ini dibuat licin sehingga pada saat pengujian defleksi roda pendaratan utama tidak terganggu akibat adanya gaya gesek.

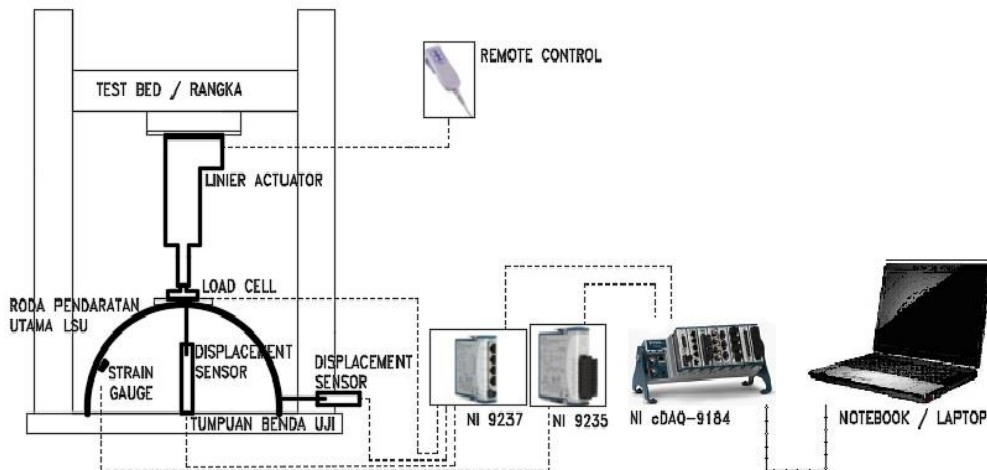
2.2. Perangkat Keras Sistem Akuisisi data



Gambar 2. Arsitektur sistem akuisisi data pengujian statik roda pendaratan utama LSU versi lama

Sistem akuisisi data digunakan untuk menyimpan dan memonitor data yang berasal dari sensor pada saat pengujian. Pada penelitian sebelumnya, guna menyimpan dan memonitor data hasil pengujian menggunakan dua sistem data akuisisi yang berbeda yaitu menggunakan DAQ NI untuk menyimpan data regangan dan TML DC-204R digunakan untuk menyimpan data defleksi roda pendaratan utama LSU-05 serta nilai beban yang diberikan ke roda pendaratan utama LSU-05 [1]. Kedua sistem akuisisi data tersebut kemudian dihubungkan pada dua komputer yang berbeda untuk menampilkan datanya. Arsitektur dari sistem akuisisi data yang lama dapat dilihat pada gambar 2.

Penelitian ini merupakan pengembangan penelitian sebelumnya dengan menyederhanakan perangkat keras sistem akuisisi data yang tadinya menggunakan dua sistem akuisisi data menjadi satu sistem akuisisi data. Sistem akuisisi data ini menggunakan DAQ dari National Instrument dengan dikombinasikan dengan perangkat lunak Labview yang juga dari National Instrument. Dikarenakan perangkat keras dan perangkat lunak penyusun dari sistem akuisisi data tersebut dari perusahaan akan lebih mudah dalam proses pengembangannya. Semua sensor yang digunakan dalam penelitian ini dihubungkan ke perangkat keras DAQ NI. Sebelum sinyal yang dihasilkan sensor masuk ke dalam DAQ NI terlebih dahulu diproses melalui modul atau perangkat keras pemrosesan sinyal yang sesuai dengan tipe sensor. Arsitektur dari sistem akuisisi data yang merupakan pengembangan dari sistem yang lama dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Arsitektur pengembangan sistem akuisisi data pengujian statik roda pendaratan utama LSU

Sensor yang akan digunakan dalam pengujian ini yaitu *strain gauge*, sensor *displacement*, dan *load cell*. *Strain gauge* digunakan untuk mengukur deformasi atau regangan yang terjadi pada roda pendaratan pada saat diberikan gaya tekan. Dengan adanya data regangan tersebut kita dapat mengetahui karakter dari roda pendaratan utama. Sensor *strain gauge* yang digunakan bermerk TML dengan tipe BFLA-5-5. *Strain gauge* ini dirancang khusus untuk material yang terbuat dari komposit. *Strain gauge* ini mempunyai nilai *gauge resistance* sebesar 120Ω dan *gauge factor* sebesar 2,09.

Sensor *displacement* digunakan untuk mengukur defleksi dari roda pendaratan utama baik arah vertical maupun horizontal akibat dari gaya tekan. Sensor *displacement* yang digunakan adalah buatan dari Tokyo Sokki Kenkyujo Co.,Ltd, dengan tipe SDP-100C untuk pengukuran defleksi arah horizontal dengan range maksimum 100 mm dan tipe CDP-50MT untuk pengukuran defleksi arah vertical dengan range maksimum 50 mm.

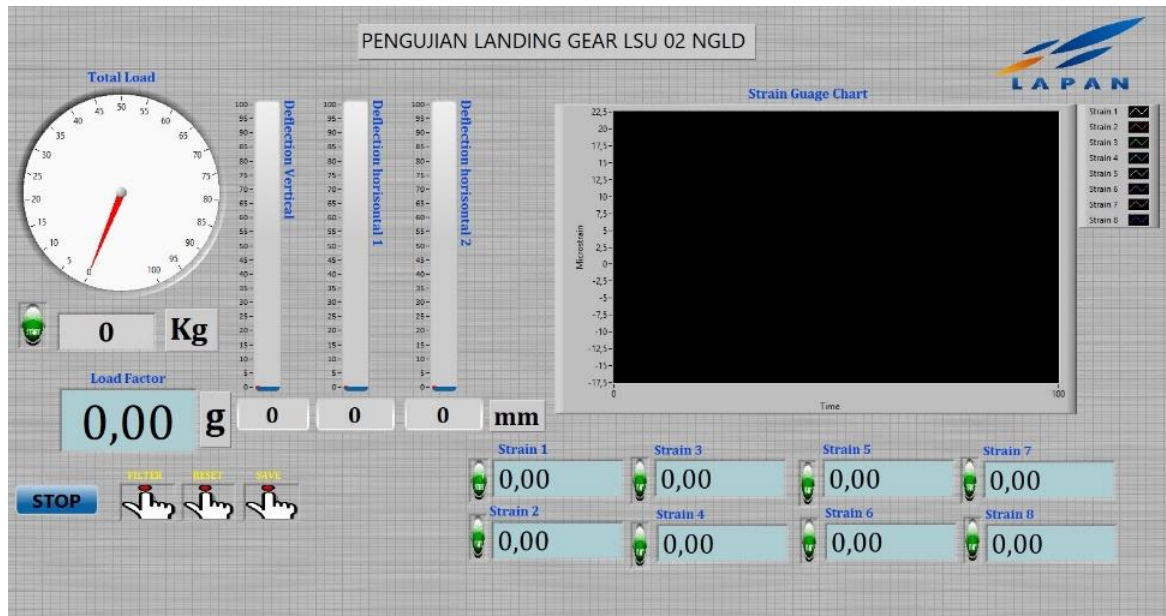
Sedangkan *load cell* digunakan untuk mengetahui nilai beban yang diberikan kepada roda pendaratan utama akibat pergerakan alat tekan. *Load cell* dipasang pada ujung alat tekan agar pembacaan sensor lebih akurat. *Load cell* yang digunakan adalah tipe PT7000. *Load cell* ini mempunyai range pengukuran sampai 250 Kg.

Ketiga jenis sensor diatas bekerja dengan sifat resistif atau nilai resistansi dari resistor tersebut berubah secara linear berdasarkan dengan besaran fisika yang diterima oleh sensor tersebut. Perubahan resistansi pada sensor tersebut adalah sangat kecil sehingga dibutuhkan suatu rangkaian elektronik yaitu jembatan *Wheatstone*, yang memiliki kemampuan untuk mendeteksi perubahan resistansi yang sangat kecil dengan akurat[8].

Pada sistem ini modul jembatan *Wheatstone* yang digunakan adalah produk dari NI. Untuk *strain gauge* menggunakan modul jembatan *wheatstone* dengan konfigurasi *a quarter bridge* yaitu tipe NI-9235 dan untuk *load cell* dan *displacement* sensor menggunakan modul jembatan *wheatstone* dengan konfigurasi *full bridge* yaitu tipe NI-9237. Kemudian dari kedua modul tersebut dipasangkan dengan NI cDAQ-9184 Chassis yang dapat berkomunikasi dengan komputer menggunakan *ethernet*.

2.3. Perangkat Lunak Sistem Akuisisi Data

Perangkat lunak yang digunakan pada sistem akuisisi data untuk pengujian roda pendaratan utama LSU-02 NGLD ini menggunakan Labview buatan National Instrument. Labview adalah *platform* pemrograman yang mencakup banyak fungsi mulai dari operator aljabar dasar hingga komponen pemrosesan sinyal lanjutan yang dapat diintegrasikan ke dalam program yang kompleks untuk digunakan dalam laboratorium maupun industri [9]. Software ini digunakan untuk mengatur proses pengambilan data, menampilkan data dan penyimpanan data[10]. Pada sisi *front panel* untuk software ini terdapat beberapa tombol yang digunakan untuk mengontrol proses pengambilan data pada saat pengujian.



Gambar 4. Tampilan antar muka hasil pengembangan

Data yang ditampilkan pada tampilan antar muka pada sistem akuisisi data ini adalah data regangan, defleksi baik arah horizontal maupun vertikal dan gaya tekan yang diberikan pada saat pengujian. Tampilan antar muka untuk sistem akuisisi data uji statik roda pendaratan utama LSU-02 NGLD dapat dilihat pada gambar 4. Pada tampilan antar muka sistem akuisisi data pendahulunya hanya ditampilkan data regangan karena yang terhubung dengan DAQ NI hanya untuk sensor *strain gage*. Penyimpanan dan tampilan antar muka data perubahan defleksi dan besarnya beban menggunakan perangkat lunak bawaan dari DAQ TML DC-204R.



Gambar 5. Tampilan antar muka sebelum dilakukan pengembangan

3. KALIBRASI SENSOR

Sebelum melakukan pengujian, sistem akuisisi data yang telah dibuat terlebih dahulu dikalibrasi. Pengukuran regangan pada sistem ini dikalibrasi dengan cara memberikan masukan ke sistem akuisisi data tersebut dengan beberapa nilai strain dengan menggunakan *switch box calibrator* produk dari TML dengan type CBM-123A. Berikut adalah table dari hasil setiap pengukuran regangan,

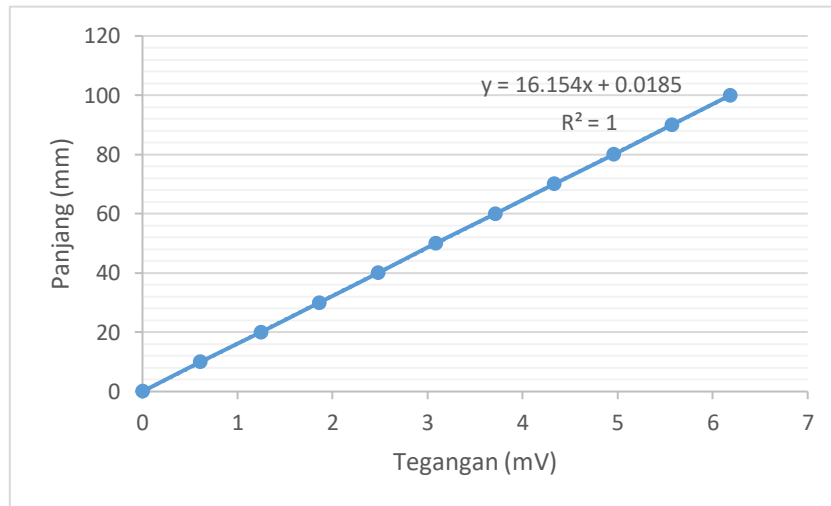
Tabel 1. Hasil kalibrasi sensor strain gage

Regangan (uS)	Regangan (uS)
(Nilai sebenarnya)	(Nilai terbaca)
0	0
500	498.8
1000	997.79
2000	1998.67
3000	2998.22
4000	3996.52
5000	4995.74

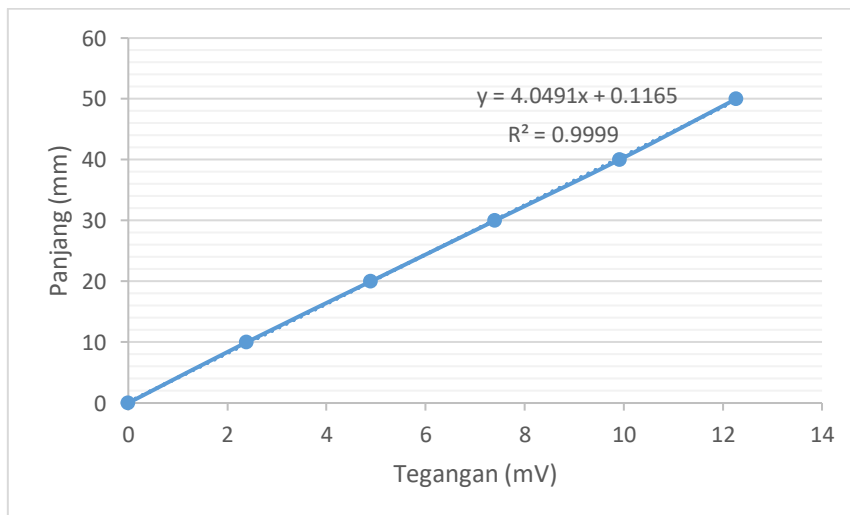
Kemudian nilai strain pada CBM-123A dibandingkan dengan hasil dari tampilan GUI. Didapatkan nilai kesalahan relatif pengukuran sebesar 0.13%. Nilai tersebut merupakan rata – rata dari nilai kesalahan relatif di setiap pengukuran yang dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{Nilai kesalahan relatif} = \frac{[(\text{nilai terbaca}) - (\text{nilai sebenarnya})]}{\text{nilai terbaca}} \times 100\%$$

Kalibrasi pada sensor *displacement* menggunakan sebuah penggaris. Nilai tegangan yang terukur di Labview dan pada nilai panjang di penggaris dicatat, kegiatan ini dilakukan lagi untuk penambahan panjang sampai dengan nilai panjang maksimum. Data – data yang sudah dicatat kemudian dibuat menjadi grafik. Dari hasil kalibrasi tersebut untuk sensor *displacement* dengan tipe SDP-100C didapat persamaan $y = 16.154x + 0.0185$ dan sensor *displacement* dengan tipe CDP-50MT didapat persamaan $y = 4.0491x + 0.1165$. Dimana y merupakan nilai panjang dengan satuan mm dan x merupakan nilai tegangan dengan satuan mili volt.

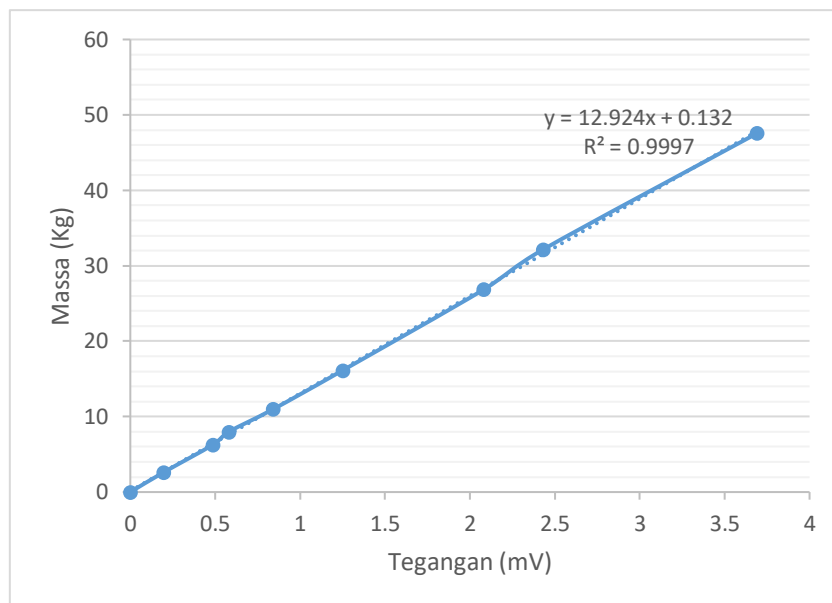


Gambar 6. Grafik hasil kalibrasi sensor displacement 100mm



Gambar 7. Grafik hasil kalibrasi sensor displacement 50mm

Sedangkan untuk *load cell* kalibrasi dilakukan dengan memberikan beban yang diukur dengan alat *electronic push-pull*, kemudian nilai voltase keluaran *load cell* yang terukur di Labview dicatat. Data – data yang dihasilkan lalu dibuat grafik dan persamaannya. Dari hasil kalibrasi *load cell* didapat persamaan $y = 12.924x + 0.132$. Dari semua persamaan yang dihasilkan kemudian dimasukkan ke dalam Labview untuk mengubah nilai voltase menjadi nilai yang diinginkan. Dimana y merupakan nilai massa dengan satuan kg dan x merupakan nilai tegangan dengan satuan mili volt.



Gambar 8. Grafik hasil kalibrasi sensor load cell 250 Kg

4. METODE PENGUJIAN

Pengujian sistem akuisisi data ini secara keseluruhan dilakukan terlebih dahulu sebelum sistem ini digunakan untuk menguji roda pendaratan utama LSU-02 NGLD sampai rusak untuk mengetahui kekuatan dan karakterisasinya. Metode yang dilakukan untuk menguji sistem akuisisi data ini adalah dengan cara menggunakan alat ini untuk menguji roda pendaratan utama LSU-02 NGLD dengan pembebanan sebatas nilai MTOW (*Maksimum take off weight*) LSU-02 NGLD. Diharapkan dengan memberikan beban cuma sebatas MTOW LSU-02 NGLD belum menimbulkan kerusakan pada kekuatan struktur roda pendaratan utama LSU-02 NGLD tersebut. Maka jika terjadi ketidaksesuaian pada sistem akuisisi data ini dan perlu diperbaiki, pada pengujian sistem selanjutnya roda pendaratan utama LSU-02 NGLD tersebut masih bisa digunakan.

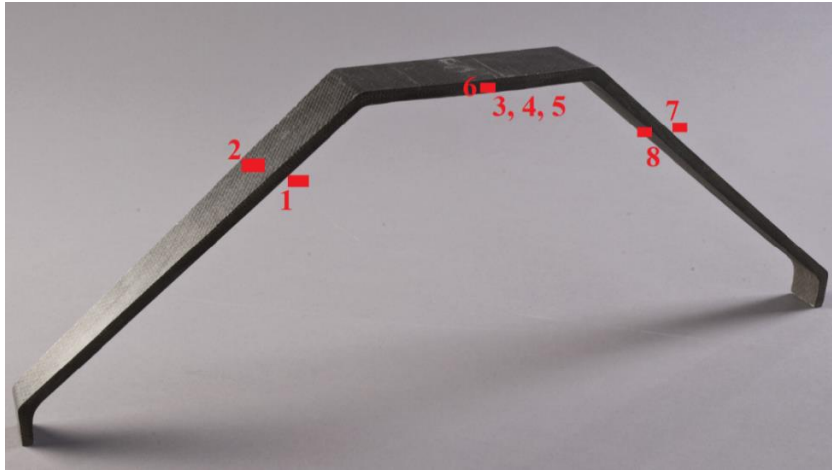
LSU-02 NGLD memiliki nilai MTOW sebesar 18 Kg. Tahapan dari nilai – nilai gaya tekan bertahap naik dengan kelipatan 3 Kg, yaitu 0Kg, 3Kg, 6Kg, 9Kg, 12Kg, 15Kg dan 18Kg. Data yang dihasilkan selama proses pengujian disimpan secara terus – menerus di dalam PC agar kemudian dapat diolah dan dibuat menjadi grafik.



Gambar 9. Set up alat uji

Pemasangan sensor – sensor yang akan digunakan pada saat pengujian dapat dilihat pada gambar 10. Sedangkan sensor *strain gauge* dipasang pada roda pendaratan utama LSU-02 NGLD pada posisi

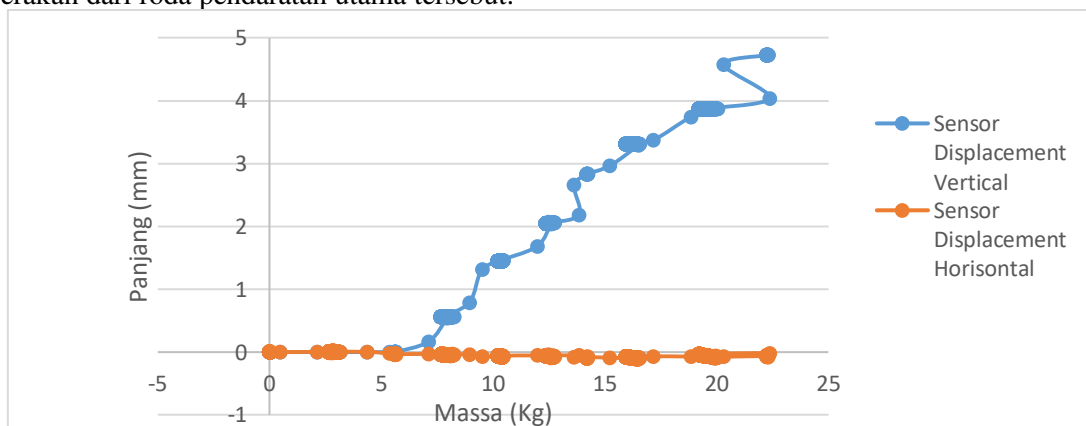
yang diperlihatkan pada gambar 7. Pemasangan posisi sensor – sensor tersebut mengacu pada percobaan yang sudah dilakukan sebelumnya [1].



Gambar 10. Posisi pemasangan strain gage pada roda pendaratan utama LSU-02 NGLD

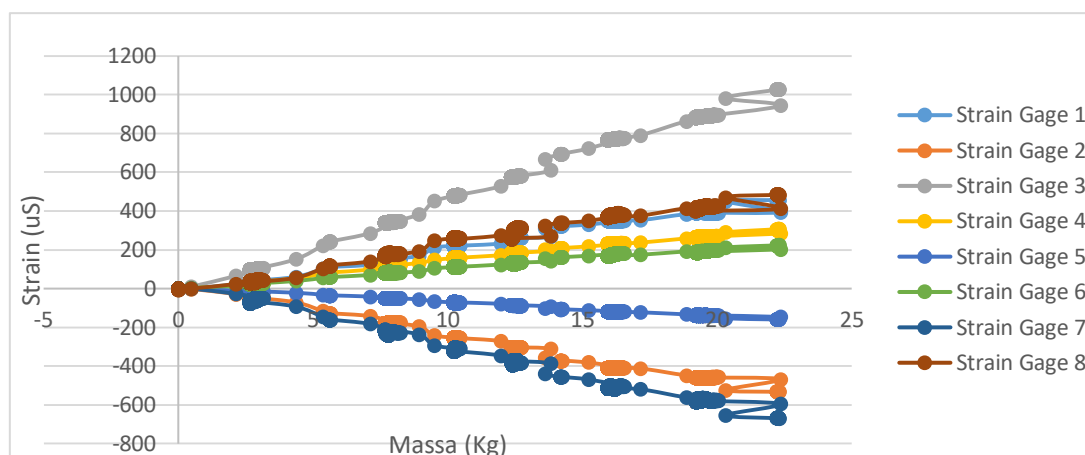
5. HASIL PENGUJIAN

Pada gambar 11 merupakan grafik perbandingan antara nilai pembebanan yang diberikan terhadap nilai panjang defleksi roda pendaratan utama. Pada grafik tersebut terlihat perubahan kenaikan panjang defleksi tidak linier atau tidak teratur untuk sensor *displacement* dengan posisi vertikal dan hampir tidak ada perubahan nilai panjang defleksi pada sensor *displacement* dengan posisi horizontal. Hal ini dikarenakan rel yang merupakan tumpuan uji masih terdapat gaya gesek yang besar yang menghambat pergerakan dari roda pendaratan utama tersebut.



Gambar 11. Grafik perbandingan nilai massa dengan panjang defleksi roda pendaratan utama

Pada gambar 12 merupakan grafik perbandingan dari nilai pembebanan dengan regangan yang dihasilkan pada roda pendaratan utama selama proses pengujian. Nilai regangan terbesar terletak pada titik dimana *strain gauge* 3 dipasang. Hasil regangan pada *strain gauge* 7 dan *strain gauge* 2 seharusnya memiliki kecenderungan perubahan yang sama namun terlihat berbeda di grafik, hal ini bisa diakibatkan pergerakan dari roda pendaratan utama yang belum bebas sepenuhnya atau masih terkendala gaya gesek yang masih besar.



Gambar 12. Grafik perbandingan nilai massa dengan regangan pada roda pendaratan utama

Dengan menggunakan satu sistem data akuisisi membuat pengujian ini lebih efisien. Data yang diambil bisa secara kontinyu terhadap waktu sehingga keseluruhan data dan anomali yang terjadi selama pengujian bisa teramati dan terekam dengan baik seperti pada gambar 11 dan 12 yang bisa menunjukkan grafik hubungan data beban dengan regangan serta defleksi roda pendaratan utama LSU-02 NGLD. Semua data yang dihasilkan oleh sensor bisa dibandingkan dan dibuat dalam satu grafik yang sama karena data yang sudah sinkron sejak dimulai pengujian. Penggunaan satu PC pada saat pengoperasian memudahkan operator dalam melaksanakan kegiatan pengujian dikarenakan hanya butuh menekan satu tombol di layar tampilan antar muka.

Hasil pembacaan strain menggunakan sistem data akuisisi ini menghasilkan kesalahan relatif sebesar 0.13% dari data pembanding yang dihasilkan oleh regangan kalibrator pada saat pengujian kalibrasi sensor. Pembacaan data dari *load cell* dan *displacement* juga sudah menunjukkan grafik dengan kelinearan mendekati angka 1. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem akuisisi data pengujian statik roda pendaratan utama LSU-02 NGLD sudah berjalan dengan baik.

6. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa, pengembangan alat uji statik roda pendaratan utama LSU yaitu dengan menggabungkan pembacaan parameter defleksi, regangan dan beban pada satu data akuisisi yang menggunakan DAQ National Instruments dan software Labview telah menghasilkan sistem data akuisisi yang lebih baik dan lebih efisien karena mengurangi jumlah peralatan yang terdapat di dalam sistem tersebut sehingga proses instalasi jadi lebih cepat dan murah serta memudahkan dalam pengoperasiannya.

Sistem ini telah divalidasi dengan cara dilakukan kalibrasi terlebih dahulu untuk sensor yang digunakan. Hasil pengujian dan kalibrasi menunjukkan bahwa konfigurasi pengujian dengan satu sistem data akuisisi ini sudah baik, namun perlu ada perbaikan pada sistem rel tempat dimana roda pendaratan utama dipasang yang masih terdapat gesekan yang besar sehingga menghambat pergerakan dari roda pendaratan utama tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Gunawan Setyo Prabowo selaku Kepala Pusat Teknologi Penerbangan dan Bapak Agus Aribowo selaku Kepala Bidang Program dan Fasilitas serta Bapak Agus Harno Nurdin Syah selaku Pembina jabatan fungsional peneliti yang senantiasa membimbing dan mengarahkan dalam pembuatan penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Bapak Aryandi Marta selaku peneliti senior di laboratorium Aerostruktur yang membantu kelancaran penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Marta, “Pengukuran Perubahan Regangan dan Defleksi Pada Pengujian Statik Roda Pendaratan Utama Pesawat Terbang Tanpa Awak LSU05,” *SIPTEKGAN*, vol. 19, no. December 2015, 2015.
- [2] F. A. Wandono, “Evaluasi Kriteria Kegagalan Tsai-Hill Pada Struktur Rangka Main Landing Gear LSU-05.pdf,” no. July 2015, 2015.
- [3] A. Nugroho, “Strength Analysis of Main Landing Gear Structure of LSU 02-02,” *SIPTEKGAN XVII-2013*, no. January 2013, pp. 66–76, 2013.
- [4] G. Gunadi, “Analisis statik dan dinamik struktur main landing gear pesawat nirawak LSU-02 NGLD dengan metode elemen hingga.pdf.” 2018.
- [5] M. adi Kusnanda, “Simulasi drop test nose landing gear LSU-02 menggunakan pendekatan multi-body simulation (MBS) rigid models.pdf.” 2018.
- [6] I. Ilic, “Strength Analysis of Main Landing Gear Type Layered Composite Leaf Spring for Unmanned Aerial Vehicle,” pp. 192–195, 2012.
- [7] A. M. Kadir, “Aplikasi material komposit untuk peningkatan kehandalan struktur landing gear pesawat udara nirawak (PUNA),” 2012.
- [8] J. Manojlović, “Bridge Measuring Circuits in the Strain Gauge Sensor Configuration,” vol. 11, pp. 75–84, 2013.
- [9] R. Langari, *Measurement and Instrumentation*. 2012.
- [10] J. Abner, “Perancangan perangkat lunak berbasis Labview 8.0 untuk mengendalikan temperatur pada alat uji vibrasi,” 2009.