

Peran Laboratorium Pengujian Aerodinamika Pada Percepatan Kemandirian Bangsa

Purwadi

Staf Balai Besar Teknologi Aerodinamika, Aeroelastika dan Aeroakustika (BBTA3)
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT)
Gedung 240 Kawasan PUSPIPTEK Serpong
Tangerang Selatan
Email : purwadi@bppt.go.id

Abstrak. *Kebutuhan pengujian aerodinamika bukan hanya diperlukan untuk keperluan pengembangan pesawat terbang saja, akan tetapi semua struktur yang berinteraksi dengan aliran udara (angin) memerlukan pengujian ini. Jembatan bentang panjang jenis cable stay maupun jenis yang lain, gedung tinggi, bangunan lepas pantai, kendaraan jenis kereta cepat dan mobil, semua benda dan struktur bangunan tersebut keberadaannya selalu berinteraksi dengan aliran udara yang mempengaruhi unjuk kerjanya, kenyamanan dan keselamatan bagi manusia yang berada di dalamnya dan berada di sekitarnya. Keberadaan laboratorium aerodinamika dengan terowongan angin Indonesian Low Speed Tunnel (ILST) yang berlokasi di Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Tangerang Selatan mempunyai peran penting untuk memenuhi kebutuhan pengujian aerodinamika di dalam negeri dalam rangka mempercepat kemandirian bangsa di bidang teknologi aerodinamika.*

Kata kunci: *aerodinamika, terowongan angin, gedung tinggi, jembatan bentang panjang*

1. Pendahuluan

Pada tahun 1984 di Kawasan PUSPIPTEK Serpong dibangun terowongan angin kecepatan rendah yang diberi nama *Indonesian Low Speed Tunnel (ILST)*. Pembangunan terowongan angin ini tujuan utamanya adalah untuk mendukung pengujian aerodinamika yang diperlukan bagi pengembangan berbagai jenis pesawat yang dilakukan saat itu oleh PT. Industri Pesawat Terbang Nusantara (PT. IPTN) yang sekarang lebih dikenal dengan nama PT. Dirgantara Indonesia (PT. DI). Pada awal tahun 1989 ILST mulai beroperasi dan digunakan untuk pengujian model pesawat CN-235, kemudian berlanjut dengan pesawat N-250 yang dimulai dari tahun 1990 sampai dengan tahun 1995

Tahun 1998, Indonesia dilanda krisis moneter yang berdampak pada pengembangan pesawat yang dilakukan oleh PT. IPTN. Program pengembangan dihentikan sehingga ini sangat mempengaruhi penggunaan ILST. Kondisi yang demikian mendorong pimpinan Unit Pelaksana Teknis Laboratorium Aero Gasdinamika dan Getaran (UPT LAGG) yang sekarang bernama Balai Besar Teknologi Aerodinamika, Aeroelastika dan Aeroakustika (BBTA3) sebagai unit kerja BPPT yang bertugas mengelola ILST untuk mencari suatu alternatif lain penggunaan ILST.

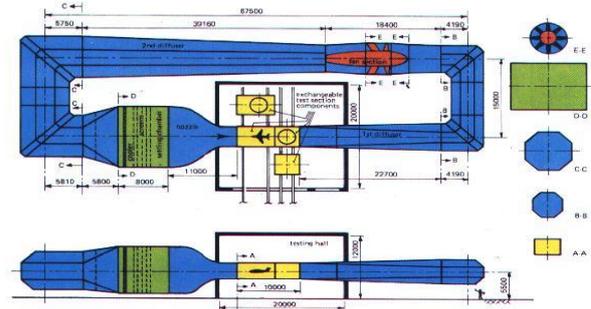
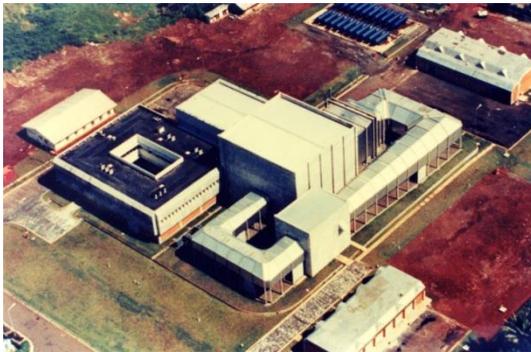
Sejak saat itu ILST mulai digunakan untuk melayani pengujian aerodinamika non pesawat (keindustrian), seperti pengujian jembatan bentang panjang, gedung tinggi, payung pelindung di masjid dan struktur bangunan lepas pantai (RIG) yang memerlukan pengujian aerodinamika.

Beberapa insinyur ditugaskan untuk mendalami pengujian aerodinamika keindustrian ini. Jembatan Suromadu, jembatan Mahakam II di Kalimantan Timur, jembatan Merah Putih di Ambon dan beberapa jembatan bentang panjang yang ada di Indonesia modelnya pernah di uji di ILST. Sejak dari saat itu beberapa pengujian aerodinamika keindustrian yang semula banyak dilakukan di luar negeri, seperti di Cina, Kanada dan Australia mulai dilakukan di dalam negeri. ^(1,2)

2. Metode Kegiatan

Terowongan angin ILST adalah jenis terowongan angin sirkuit tertutup yang mempunyai seksi uji dengan tinggi 3 meter, lebar 4 meter dan panjang 10 meter. Kecepatan angin di seksi uji dapat mencapai 100 meter perdetik atau sekitar 360 km/jam¹⁾. Kecepatan seperti ini diperlukan untuk dapat

mensimulasikan kondisi lepas landas (*take off*) dan mendarat (*landing*) pesawat terbang. Gambar 1 dapat dilihat ilustrasi dari terowongan angin ILST.⁽¹⁾



Gambar 1 Terowongan angin ILST

Pengujian aerodinamika baik untuk model pesawat maupun model non pesawat dilakukan dengan menempatkan model di dalam seksi uji dan menghubungkannya dengan alat ukur atau sensor yang dibaca oleh instrumentasi yang terhubung dengan komputer untuk pengambilan dan pengolahan data. Model di dalam seksi uji kemudian dihembus angin dengan kecepatan angin yang dapat diatur disesuaikan dengan kebutuhan pengujian yang telah ditentukan.

2.1. Pengujian Aerodinamika Pesawat

Pengujian aerodinamika model pesawat terbang bertujuan untuk memprediksi karakteristik pesawat terbang yang sesungguhnya pada saat nanti dioperasikan. Data-data karakteristik ini dapat diperoleh dengan melakukan pengujian model pesawat, yaitu dengan membuat model pesawat yang ukurannya dikecilkan (diskalakan) disesuaikan dengan area seksi uji terowongan angin ILST. Pengukuran gaya-gaya aerodinamika yaitu gaya angkat (*lift*), gaya hambat (*drag*), gaya samping (*side force*), dan momen aerodinamika yaitu momen angguk (*pitching moment*), momen geleng (*yawing moment*) dan momen guling (*rolling moment*) menggunakan timbangan 6 komponen gaya dan momen. Data hasil pengukuran ini kemudian dijadikan koefisien aerodinamika dengan menggunakan beberapa persamaan seperti di bawah ini.⁽³⁾

$$C_L = \frac{L}{q \cdot S} = \frac{L}{\frac{1}{2} \rho \mu^2 \cdot S} = \frac{2L}{\rho \mu^2 \cdot S} \quad (1)$$

$$C_D = \frac{D}{q \cdot S} = \frac{D}{\frac{1}{2} \rho \mu^2 \cdot S} = \frac{2D}{\rho \mu^2 \cdot S} \quad (2)$$

$$C_M = \frac{M}{q \cdot S \cdot C} = \frac{M}{\frac{1}{2} \rho \mu^2 \cdot S \cdot C} = \frac{2M}{\rho \mu^2 \cdot S \cdot C} \quad (3)$$

Selain itu ILST juga dapat melakukan pengujian aerodinamika pesawat dengan metoda pengukuran tekanan, pengujian visualisasi aliran di permukaan model dan pengujian simulasi model pesawat dengan baling-baling.⁽²⁾

Pada Gambar 2 dapat dilihat model pesawat N-250 yang dikembangkan PT. DI sedang diuji di terowongan angin ILST.



Gambar 2 Model pesawat N-250 dan N-2130 di seksi uji ILST.

2.1. Pengujian Aerodinamika Non-Pesawat

ILST didesain dan dibangun untuk dapat digunakan untuk pengujian aerodinamika non-pesawat atau disebut juga aerodinamika industrial. Termasuk kedalam kategori pengujian aerodinamika industrial ini antara lain adalah pengujian jembatan bentang panjang, gedung tinggi, otomotif dan kereta api cepat, pengujian model payung peneduh masjid, serta bangunan lepas pantai untuk eksplorasi dan pengolahan migas.

Pengujian aerodinamika industrial diperlukan untuk memprediksi kondisi *flutter*. Flutter adalah fenomena ketakstabilan struktur yang terjadi akibat damping total (aerodinamika dan struktur) menjadi nol. Akibatnya struktur tidak mampu men-disipasi energi yang diserapnya dari angin. Apabila fenomena flutter ini terjadi, maka jembatan akan mengalami kehancuran struktur.

Pada jembatan bentang panjang efek aerodinamika dapat menyebabkan gerakan torsional (puntir kiri - kanan) dan *hipping* (gerakan naik turun) hal ini hanya disebabkan karena adanya aliran udara atau angin dengan kecepatan tertentu yang melewati dek jembatan. Pengukuran di dalam terowongan angin dilakukan dengan meletakkan model uji di dalam seksi uji kemudian dihembus angin dengan kecepatan tertentu sesuai keperluan. Model untuk jembatan dapat dibuat dalam bentuk model tiga dimensi (3-D) dan model dua dimensi (2-D). Prilaku model jembatan dapat diamati dengan cara memasang sensor getaran pada posisi tertentu di dek model jembatan. Pada model jembatan 2-D dapat dilakukan pengukuran distribusi tekanan untuk mengetahui gaya-gaya aerodinamika.⁽⁴⁾



Gambar 3 Sketsa Modus Getar Model Seksional Jembatan

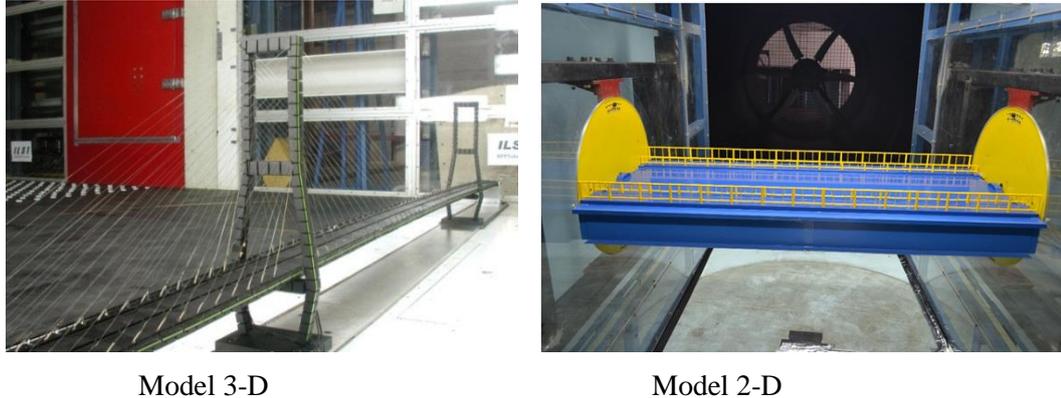
Berikut persamaan gaya-gaya yang digunakan pada pengujian aerodinamika jembatan bentang panjang.⁽⁴⁾

$$F_L = \frac{1}{2} \rho U^2 b (C_L) \quad (4)$$

$$F_D = \frac{1}{2} \rho U^2 b (C_D) \quad (5)$$

$$M = \frac{1}{2} \rho U^2 b^2 (C_M) \quad (6)$$

Pada Gambar 3 berikut diperlihatkan model tiga dimensi jembatan Suromadu yang diuji di terowongan angin ILST.



Gambar 4 Model 3-D dan 2-D jembatan Suromadu di dalam seksi uji ILST

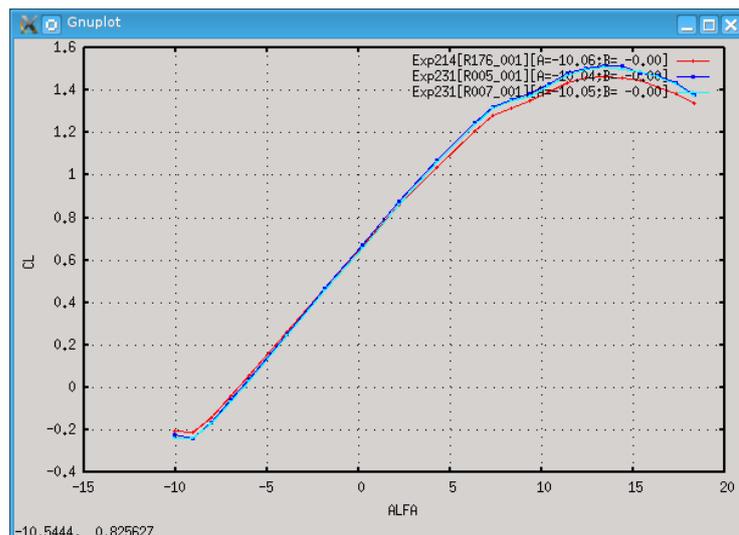
3. Pembahasan dan Hasil

Pada bab ini diuraikan beberapa contoh hasil pengujian aerodinamika baik untuk aerodinamika pesawat maupun non-pesawat yang telah dilakukan di terowongan angin ILST. Data hasil yang ditampilkan diambil dari hasil pengujian pesawat N-219 untuk jenis pengujian aerodinamika pesawat dan data hasil pengujian jembatan Musi III untuk jenis pengujian aerodinamika non-pesawat.

3.1. Pengujian Aerodinamika Pesawat

Pesawat N-219 adalah jenis pesawat penumpang skala kecil berkapasitas 19 penumpang yang dikembangkan oleh industri dirgantara PT. Dirgantara Indonesia pasca krisis moneter tahun 1998. Pesawat ini dikembangkan bersama antara Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) dengan PT. DI Bandung dan pengujian aerodinamikanya dilakukan di terowongan angin ILST BBTA3-BPPT.

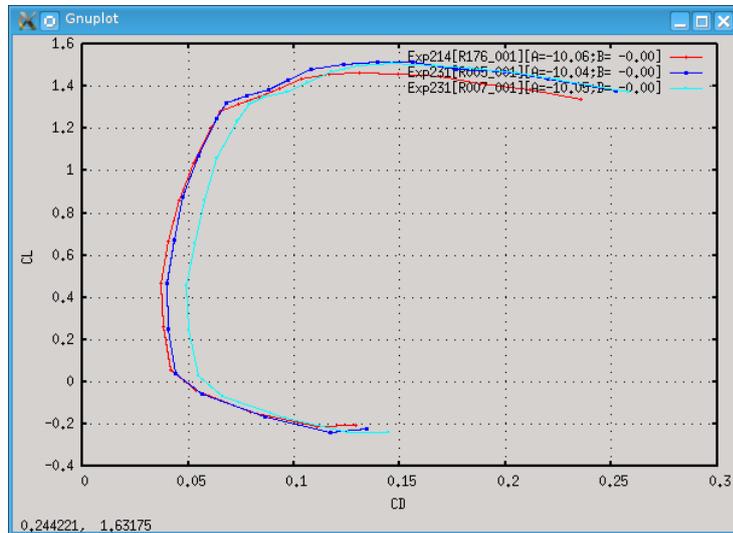
Pada Gambar 4, 5, dan 6 di bawah ini diperlihatkan hasil pengujian gaya dan momen aerodinamika model pesawat MALE di terowongan angin ILST dalam bentuk plot atau grafik.



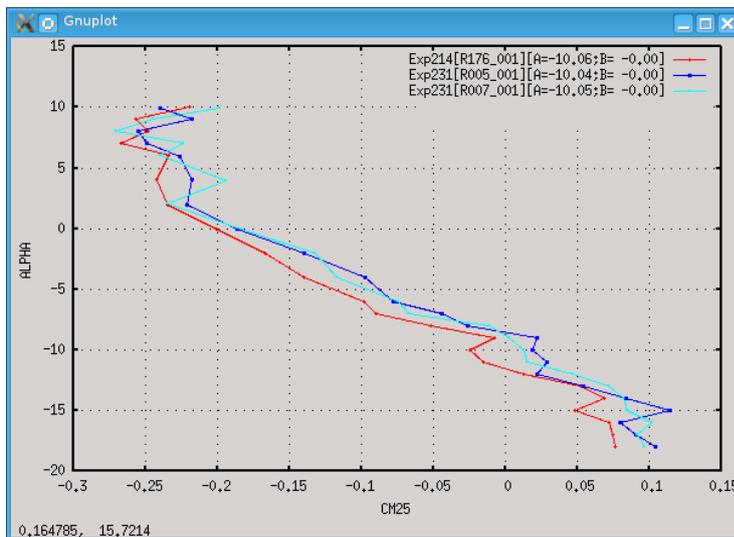
Gambar 5 Plot koefisien gaya angkat untuk berbagai sudut serang ($C_L - \alpha$) model pesawat PUNA MALE⁽⁵⁾

Dari hasil pengukuran gaya-gaya aerodinamika model pesawat terbang, disampaikan sebagai contoh hasil pengujian model Pesawat Udara Non Awak (PUNA) MALE singkatan dari *Medium Altitude Long Endurance* yaitu pesawat tanpa awak yang dikembangkan bersama oleh PT. Dirgantara

Indonesia dengan BPPT. Gambar 5 memperlihatkan hasil koefisien gaya angkat (C_L) terhadap sudut serang (α). Dari plot dapat dilihat C_L maksimum dapat mencapai 1,3, kondisi ini adalah kondisi sebelum pesawat kehilangan gaya angkat (*stall*).



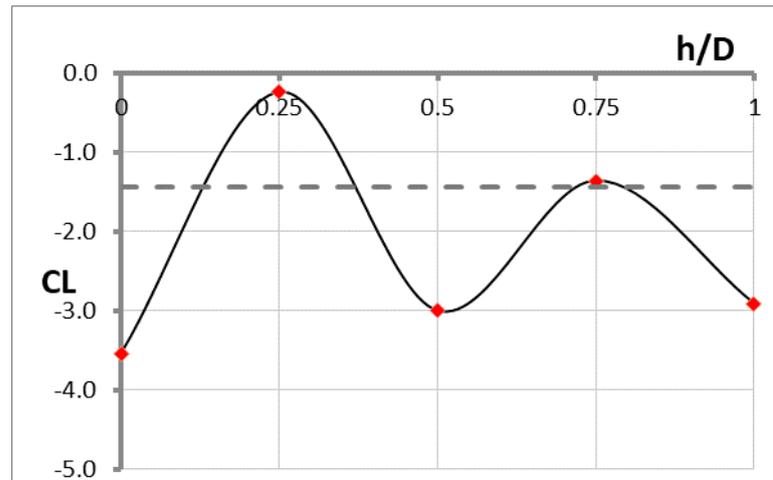
Gambar 6 Plot koefisien gaya hambat untuk berbagai sudut serang ($C_D - \alpha$) model pesawat PUNA MALE⁽⁵⁾



Gambar 7 Plot koefisien momen anguk untuk berbagai sudut serang ($C_M - \alpha$) model pesawat PUNA MALE⁽⁵⁾

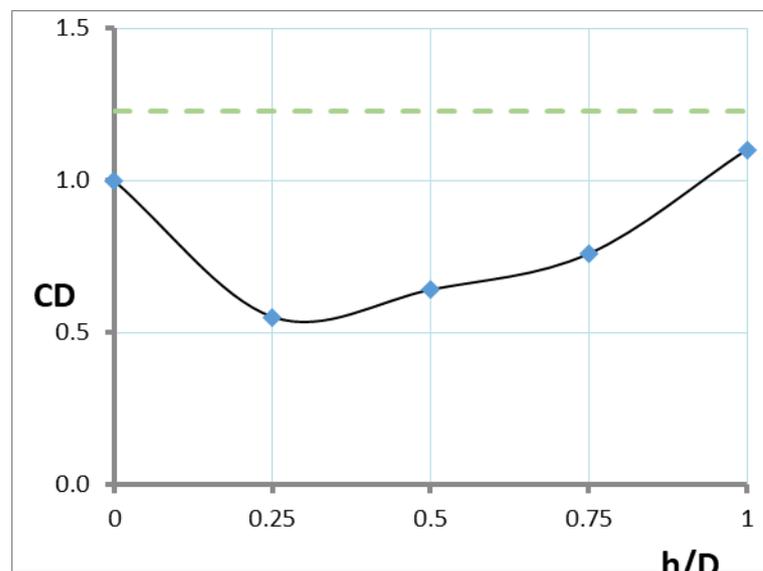
3.1. Pengujian Aerodinamika Non-Pesawat

Sampai saat ini telah dilakukan pengujian aerodinamika keindustrian di ILST seperti pengujian model jembatan Suromadu, jembatan Merah Putih Ambon, Jembatan Musi III di Palembang, Gedung BPPT di Jakarta, gedung apartemen Red Tower di Jakarta, payung pelindung masjid Agung Semarang, bangunan industri migas lepas pantai PT. Chevron dan beberapa pengujian sejenis lainnya. Pada pembahasan ini disampaikan hasil pengujian model jembatan Musi III Palembang. Hasil pengujiannya dapat dilihat pada Gambar 8,9,10 di bawah ini.⁽⁴⁾



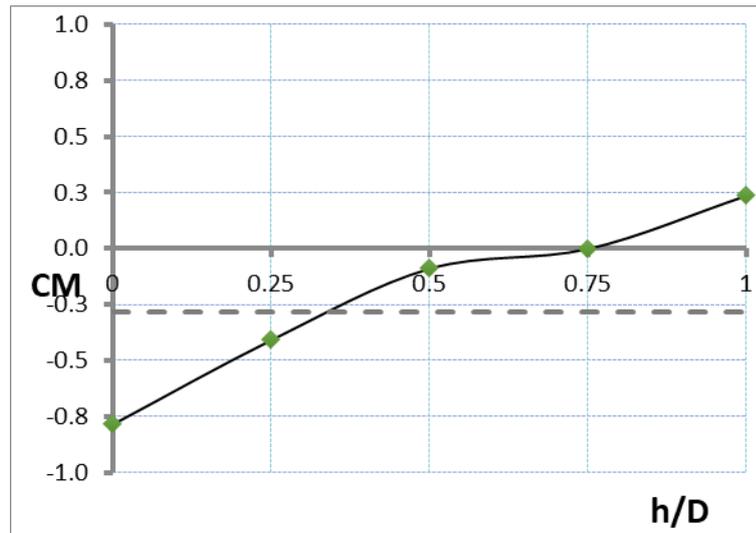
Gambar 8 Plot koefisien gaya angkat untuk berbagai sudut serang ($C_L - \alpha$) model sektional jembatan Musi III⁽⁴⁾

Gambar 8 memperlihatkan hasil pengukuran gaya angkat model penampang 2-D jembatan Musi III dengan sumbu X adalah perbandingan tinggi model jembatan dari lantai seksi uji terhadap (h) tebal dek jembatan sesungguhnya (D).⁽⁴⁾ Dari plot tersebut dapat dilihat bahwa koefisien gaya angkat (C_L) tertinggi dihasilkan pada rasio $h/D = 0,25$ dan C_L terendah pada posisi rasio $h/D = 0,5$. Untuk koefisien gaya angkat (C_D), koefisien terendah terjadi pada rasio $h/D = 0,25$ dan C_D tertinggi pada rasio $h/D = 1$.



Gambar 9 Plot koefisien gaya hambat untuk berbagai sudut serang ($C_D - \alpha$) model sektional jembatan Musi III⁽⁴⁾

Pada momen anguk (C_M), hasil pengujian memperlihatkan momen anguk bergerak dari nilai negatif ke positif berurutan dari rasio h/D terendah 0,25 sampai dengan rasio h/D tertinggi 1.⁽⁴⁾



Gambar 10 Plot koefisien momen angguk untuk berbagai sudut serang ($C_M - \alpha$) model seksional jembatan Musi III⁽⁴⁾

4. Kesimpulan

Dari pembahasan pada bab-bab sebelumnya dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. ILST telah berperan memberikan kontribusi di dalam memberikan pelayanan kebutuhan pengujian aerodinamika di dalam negeri untuk menunjang industri dirgantara di Indonesia dengan wujud nyata lahirnya pesawat jenis CN-235, N-250 (belum sertifikasi), N-2130 (pesawat jet yang terhenti pengembangannya) dan N-219 (sedang uji terbang untuk sertifikasi).
2. Selain untuk pengujian aerodinamika model pesawat, ILST juga mampu melakukan pengujian aerodinamika untuk non pesawat, seperti jembatan bentang panjang, gedung tinggi, bangunan lepas pantai dan berbagai struktur bangunan lain.
3. Kemampuan pengujian aerodinamika yang dilaksanakan di ILST berperan penting untuk mempercepat kemandirian bangsa Indonesia dalam memenuhi kebutuhan pengujian aerodinamika yang semula dilakukan di luar negeri.

Ucapan Terima Kasih

Diucapkan terima kasih banyak kepada jajaran pimpinan BBT3, teman sejawat pada sub bidang operasi dan perawatan yang telah memberikan dukungan sehingga makalah ini dapat terselesaikan. Kepada panitia Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri 2019 saya mengucapkan terima kasih banyak atas kesempatan yang diberikan sehingga makalah ini dapat disertakan pada kegiatan Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri 2019.

Daftar Pustaka

- [1]. Unit Pelaksana Teknis Laboratorium Aero-Gasdinamika dan Getaran, 2009, "20 Tahun LAGG".
- [2]. Surjatin Wiriadidjaja, 2000, Challenge and Opportunities for The Aero-Gas Dynamics and Vibration Laboratory, (LAGG), Proceeding The First Indonesia-Taiwan Workshop on the Aeronautical Science, Technology and Industry.
- [3]. John D. Anderson, 1985, "Fundamentals of Aerodynamics", Mc Graw Hill Book Company International Student Edition.
- [4]. Fariduzzaman, 2012, "Laporan Pengujian dan Analisis CFD Jembatan MUSI 3", UPT LAGG-BPPT.
- [5]. Yanto Daryanto, "Laporan Pengujian Model PUNA MALE CFG 3" BBT3-BPPT.