

Fasilitas Uji Terowongan Angin Kecepatan Rendah Indonesia

Subagyo

Unit Pelaksana Teknis Laboratorium Aero Gas Dinamika dan Getaran (UPT-LAGG) BPPTeknologi
, Kawasan PUSPIPTEK, Setu, Tangerang Selatan, Indonesia
E-mail : cpbagyo@yahoo.com

Abstrak

Perkembangan infrastruktur Indonesia tumbuh sejalan dengan pembangunan dan pertumbuhan perekonomian. Perkembangan wilayah perkotaan ditunjukkan dengan penambahan bangunan tinggi berupa gedung-gedung yang berfungsi sebagai perkantoran hotel dan pusat-pusat perbelanjaan. Pertumbuhan demikian perlu dicermati diantaranya adalah aspek yang timbul akibat aliran udara karena tiupan angin. Aliran udara memberikan pengaruh yang signifikan terhadap konfigurasi bangunan tata ruang perkotaan. Beban angin yang dialami struktur bangunan, pola aliran disekitar bangunan dan permasalahan lingkungan seperti polusi udara tingkat kebisingan merupakan perihai yang memerlukan penanganan khusus. Penanganan khusus yang dimaksud adalah perlunya penelitian yang berkelanjutan seiring dengan perkembangan perkotaan. Terowongan angin dapat berperan untuk mendapatkan gambaran yang menyeluruh dalam mengembangkan sistem perkotaan yang prima. Pengujian dilakukan dengan meminiaturkan perkotaan sebagai model yang ditempatkan dalam seksi uji terowongan angin. Sedangkan untuk menguji beban dinamis struktur bangunan tinggi dan interaksinya dengan lingkungan model struktur bangunan tersebut dan sekitarnya dimodelkan dan diuji diterowongan angin. Hasil pengujian berupa gaya-gaya aerodinamik, visualisasi aliran distribusi tekanan merupakan besaran-besaran yang perlu diperhatikan untuk selanjutnya dimanfaatkan dalam perencanaan tata kota yang berwawasan aman nyaman dan optimal.

Kata kunci: Terowongan angin, struktur bangunan, aliran udara, kebisingan, polusi, model, tata kota.

Abstract

The development infrastructures of Indonesia are growing in line with economic growth and development. The development of urban areas is indicated by the increasing numbers of high-rise buildings in the form of the building that serves as an office building hotels and shopping centers. Growth thus needs to be examined include the aspects arising from the flow of air due to wind gusts. Air flow has a significant influence on the spatial configuration of urban buildings. Wind loads experienced by the structure of the building, the flow pattern around the building and environmental problems such as air pollution, noise level are concerning that require special handling. Special treatment in question is the need for ongoing research in line with urban development. Wind tunnel can contribute to get the whole picture in developing excellent urban systems. Testing is done by creating urban models placed in wind tunnel test section. As for dynamic load testing of high building structure and its interaction with the environment model of the building and surrounding structures were modeled and tested in the wind tunnel. The test results in the form of aerodynamic forces, flow visualization of pressure distribution are the quantities that need to be considered for subsequent use in urban planning comfortable and safe sound optimal.

Keyword: Wind tunnel, structure, air flow, noise, pollution, model, urban areas

1. PENDAHULUAN

Sejalan dengan pertumbuhan ekonomi pembangunan infrastruktur terus bertambah ditandai dengan terus meningkatnya jumlah bangunan-bangunan berupa jalan, gedung, jembatan diseluruh Indonesia. Di kota-kota besar bangunan berupa gedung terus berkembang sehingga pemanfaatan lahan menjadi pertimbangan yang penting. Pembangunan di perkotaan menuntut pemanfaatan lahan yang efisien. Atas dasar tersebut pembangunan gedung di perkotaan terus tumbuh ke atas yang memiliki ketinggian hingga puluhan meter. Dengan ketinggian bangunan yang sedemikian perlu dilakukan penelitian baik secara eksperimental maupun simulasi agar diperoleh sistem perkotaan yang nyaman aman dan optimal.

Untuk menunjang pertumbuhan ekonomi dan pembangunan Indonesia seperti halnya negara-negara maju lainnya memiliki fasilitas penelitian untuk pengujian di bidang aeronautika maupun non aeronautika. Fasilitas pengujian berupa terowongan angin berkecepatan *subsonic* yang dapat digunakan untuk pengujian efek aliran udara disekitar bangunan tinggi, jembatan, alat transportasi. Didalam perkembangan saat ini UPT-LAGG BPPTeknologi memiliki sarana uji terowongan angin yang dapat dikategorikan menjadi dua kualifikasi. Klasifikasi pertama adalah terowongan angin dengan sirkuit jenis tertutup dan terowongan angin dengan sirkuit jenis terbuka. Kedua klasifikasi terowongan angin memiliki kelebihan dan kekurangan sehingga keduanya menjadi saling melengkapi.

Terowongan angin dengan sirkuit jenis tertutup dinamakan terowongan angin kecepatan rendah Indonesia dan terowongan angin dengan sirkuit jenis terbuka dinamakan LAGG *Industrial Wind Engineering Tunnel*. Disamping itu UPT-LAGG BPPTeknologi memiliki small dan mini *wind tunnel* yang berada dalam pengelolaan sub laboratorium mekanika fluida.

* Penulis korespondensi Telp.021-7560902, Fax.021-7560901
E-mail : cpbagyo@yahoo.com

Bangunan berupa gedung tinggi yang berfungsi sebagai pusat perbelanjaan perkantoran maupun perhotelan dapat dipandang juga sebagai struktur yang mempunyai moda-moda getar karena memiliki perbandingan ketinggian dan lebar yang besar sehingga dapat disederhanakan sebagai batang yang menjulang. Di bidang struktur UPT-LAGG BPPTeknologi memiliki fasilitas uji getaran secara terisolasi maupun terpadu sebagai sistem aeroelastisitas interaksi aliran udara dan struktur. Pada bab-bab selanjutnya diuraikan fasilitas uji yang dimiliki UPT-LAGG BPPTeknologi.

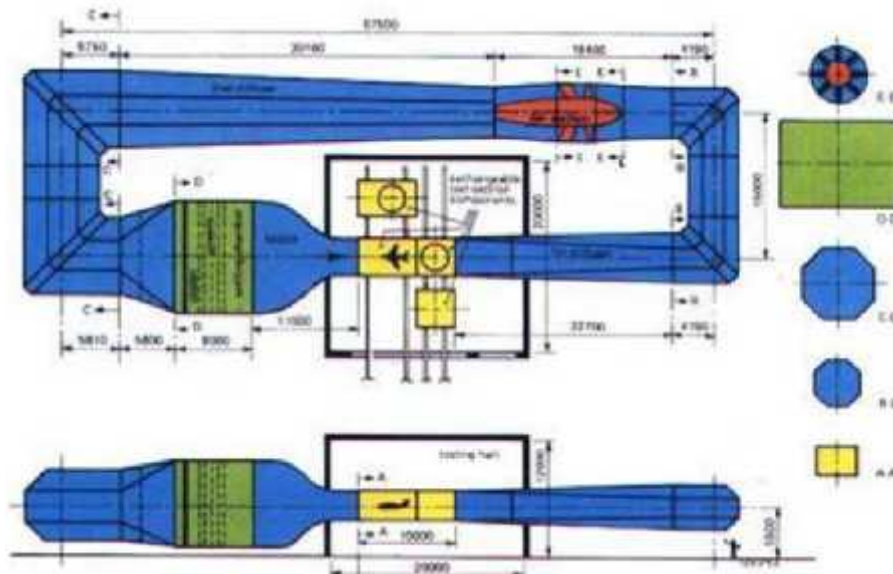
2. FASILITAS UJI TEROWONGAN ANGIN KECEPATAN RENDAH

2.1. Fasilitas uji terowongan angin kecepatan rendah jenis tertutup

Fasilitas Uji Terowongan Angin Kecepatan Rendah jenis Tertutup berupa terowongan angin dengan sirkuit tertutup dengan kecepatan angin maksimum hingga mencapai 110 m/s pada kondisi seksi uji kosong. Fasilitas terowongan angin ini selesai dibangun pada tahun 1987 yang terletak di kawasan PUSPIPEK Tangerang Selatan. Foto bangunan terowongan angin dapat dilihat pada gambar 1. Terowongan Angin dengan ukuran seksi uji $3 \times 4 \text{ m}^2$ dan panjangnya kurang lebih 10 m dapat dilihat pada diagram gambar 2. Terowongan Angin memiliki tiga seksi uji yang terdiri dari satu seksi uji dilengkapi dengan timbangan luar (*external balances*) satu seksi uji dilengkapi dengan timbangan dalam (*internal balances*) dan satu seksi uji dilengkapi dengan meja putar (*turn table*) yang seluruhnya dapat digunakan untuk pengujian di bidang aeronautika maupun non aeronautika. Untuk dapat menghasilkan aliran udara hingga mencapai kecepatan angin maksimum 110 m/s terowongan Angin dilengkapi fan drive dengan motor berkekuatan daya 1.5 Mega watt yang dapat di kendalikan melalui ruang kendali.



Gambar 1. Terowongan angin kecepatan rendah Indonesia



Gambar 2. Skematik terowongan angin kecepatan rendah Indonesia sirkuit tertutup

Fasilitas terowongan angin dalam pengujian di bidang aeronautika digunakan untuk penelitian dan pengembangan produk pesawat terbang. Sedangkan di bidang non aeronautika penelitian dan pengembangan meliputi hal-hal sebagai berikut:

2.1.1. Efek Angin pada Bangunan

2.1.1.1. Studi Tingkat Angin di Jalan

Model uji adalah kombinasi dari model bangunan yang mewakili sekelompok rumah atau bangunan kemudian dicelah-celah bangunan terdapat sarana jalan-jalannya. Studi tingkat kecepatan angin dilakukan dengan mengukur kecepatan pada posisi jalan yang divariasikan terhadap arah tiupan angin dengan kecepatan yang berbeda-beda. Dibawah ini ilustrasi pada pengujian model bangunan gedung kembar yang ditunjukkan pada gambar.3.

2.1.1.2. Beban Statis dan Dinamis

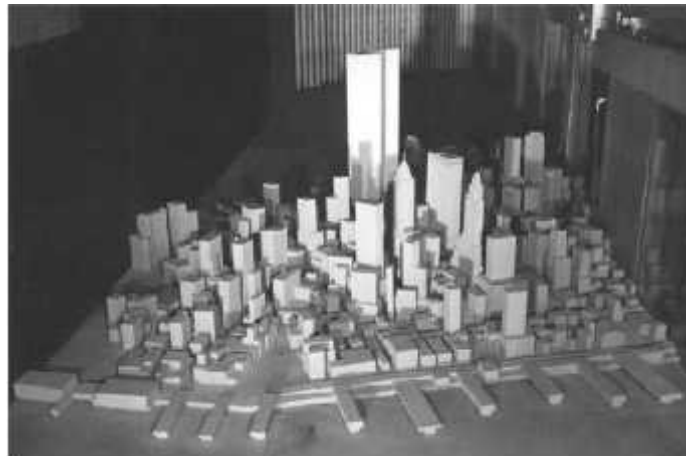
Penentuan beban ini dapat dilakukan dengan menggunakan timbangan internal yang dipasang di bawah bagian model yang diuji. Dari pengukuran beban, ini fungsi respon bangunan dapat diturunkan.

2.1.1.3. Perencanaan Kota

Pengujian ini dilakukan dengan mengukur medan aliran di sekitar model yang mewakili bagian dari wilayah perkotaan.

Studi Cladding

2.1.1.4. Pengukuran dilakukan dengan memasang nomor tabung tekanan pada model kelongsong. Tabung yang terhubung ke transduser-transduser tekanan



Gambar 3. Model Word Trade Centre didalam terowongan angin [1]

2.1.2. Studi Tentang Masalah Lingkungan.

2.1.2.1. Aerodinamika Lingkungan

Meningkatnya jumlah industri dan pabrik-pabrik dapat meningkatkan kesejahteraan rakyat tetapi biasanya menimbulkan juga masalah di bidang lingkungan.

2.1.2.2. Industri Daerah

Desain kawasan industri, lokasi, tata letak, iklim setempat dan sekitarnya (termasuk pemukiman terdekat) digunakan sebagai masukan. Melalui suatu uji terowongan angin simulasi efek polusi udara berbahaya dapat diminimalkan atau bahkan dihilangkan.

2.1.2.3. Difusi Polusi Udara dan penyebaran Permukaan

Tujuan dari simulasi terowongan angin adalah untuk menganalisis pola distribusi udara tercemar ke lingkungan. Polusi udara dapat terdiri dari partikel atau gas difusi suhu tinggi. Kontaminasi juga dapat terjadi jika polutan menempel pada permukaan sekitarnya

2.2. Fasilitas Uji Terowongan Angin Kecepatan Rendah Jenis Terbuka

UPT-LAGG BPPTeknologi selain memiliki fasilitas Terowongan Angin Kecepatan Rendah Indonesia sirkuit tertutup juga mempunyai terowongan angin kecepatan rendah sirkuit terbuka. Yang termasuk dalam kategori terowongan angin Kecepatan Rendah sirkuit terbuka yang dimiliki UPT-LAGG BPPTeknologi adalah LAGG *Wind Engineering Tunnel*, *Small Wind Tunnel* dan *Mini Wind Tunnel*.

2.3. Fasilitas Uji Getaran pada Struktur

Sebagai lembaga penelitian UPT-LAGG BPPTeknologi juga memiliki sarana pengujian dan pengukuran getaran pada struktur. Penelitian di bidang struktur berkaitan dengan aeroelastisitas dan interaksi struktur bangunan dengan aliran udara. Respon dinamik struktur merupakan fenomena yang terjadi akibat interaksi antara gaya-gaya yang timbul akibat aliran udara dan karakteristik struktur seperti massa, damping dan kekakuan.

Selain itu fasilitas yang dimiliki UPT-LAGG BPPTeknologi dalam bidang uji getaran juga dimanfaatkan untuk menunjang pengembangan sebuah rancangan dan produk sampai siap dimanfaatkan hasilnya oleh

pengguna. Fasilitas uji getaran ditunjang dengan beberapa software komersial diantaranya adalah Labview dan Software analisa struktur yaitu Nastran.

2.4. Fasilitas Simulasi dengan Menggunakan Dinamika Fluida Komputasi

UPT-LAGG BPPTeknologi memiliki Fasilitas Simulasi dengan menggunakan Dinamika Fluida Komputasi yang berada dibawah koordinasi sub laboratorium mekanika fluida. Sarana simulasi berupa perangkat lunak komersial Fluent. Simulasi secara numerik berperan dalam mempercepat iterasi perancangan hingga terwujudnya sebuah produk. Dalam hal ini produk dapat berupa model uji prototipe maupun sarana pendukung pengujian.

Proses iterasi biasanya berdasarkan pada hasil simulasi aliran udara disekitar prototipe yang meliputi distribusi tekanan, kecepatan dan suhu. Dari hasil tersebut selanjutnya dianalisa dan dilakukan perbaikan-perbaikan pada prototipe. Kemudian prototipe yang telah diperbaiki disimulasikan dan diuji kembali selanjutnya jika telah diperoleh hasil yang baik prototipe dapat diproduksi.

3. PENGALAMAN PENGUJIAN

Dalam bab ini beberapa pengalaman pengujian UPT-LAGG BPPTeknologi (*Indonesia Low Speed Wind Tunnel*) diuraikan secara singkat yang dapat dikategorikan menjadi dua bidang yakni pengujian dibidang aeronautika dan non aeronautika. Sedangkan setiap bidang mempunyai beberapa metoda yang selanjutnya dapat diuraikan sebagai berikut:

3.1. Pengujian Aeronautika

3.1.1. Pengukuran Gaya (*Force measurement*)

Metoda pengukuran gaya dalam pengujian aeronautika adalah pengujian dengan mengukur gaya-gaya aerodinamika yang dialami model yang dipasang pada seksi uji didalam terowongan angin. Melalui penyangga *wing struts* atau *central strut* model gaya diukur dengan menggunakan timbangan luar (*External Balances*). Perhatikan Gambar 3.1 menunjukkan sebuah model yang diuji didalam terowongan angin. Dalam Gambar 4, *External Balances* mengukur juga pengaruh landasan pacu yang dipasangkan juga dibawah model pesawat. Selain itu model dapat disangga dengan *sting* dan gaya-gayanya diukur dengan *internal Balances*.



Gambar 4. Pengujian aerodinamika pesawat dengan metoda pengukuran gaya

3.1.2. Pengukuran Tekanan (*Pressure measurement*)

Metoda pengukuran tekanan adalah pengukuran dengan cara mengukur distribusi tekanan pada permukaan model. Pengujian dengan metoda pengukuran tekanan dapat dilihat pada Gambar 3.2. Dalam pengujian dengan metoda ini lubang tekanan dibuat dan tersebar dipermukaan model dihubungkan dengan transducers tekanan yang selanjutnya diolah dengan *Data Reduction system*.

3.1.3. Visualisasi Aliran (*Visualization*)

Dalam penelitian besaran-besaran kuantitatif aerodinamika yang terukur juga diperlukan data-data pendukung kualitatif yang lain seperti visualisasi aliran dipermukaan model. Beberapa teknik visualisasi aliran yang digunakan adalah teknik minyak fluoresensi, teknik. benang wool, sublimasi dan china clay.

3.2. Pengujian Non Aeronautika

3.2.1. Pengukuran Gaya (*Force measurement*)

Metoda pengukuran gaya dalam pengujian non aeronautika adalah pengujian dengan mengukur gaya-gaya aerodinamika yang dialami model yang dipasang pada seksi uji didalam terowongan angin. Perhatikan Gambar 5 yang menunjukkan sebuah model diuji didalam terowongan angin. Dalam Gambar 5 model disangga dengan *sting* dan gaya-gayanya diukur dengan *internal Balances*.

3.2.2. Pengukuran Tekanan (*Pressure measurement*)

Seperti halnya pada bidang aeronautika metoda pengukuran tekanan adalah pengukuran dengan cara mengukur distribusi tekanan pada permukaan model. Pengujian dengan metoda pengukuran tekanan dapat dilihat pada Gambar 6. Dalam pengujian dengan metoda ini lubang tekanan dibuat

dan tersebar dipermukaan model dihubungkan dengan transducers tekanan yang selanjutnya diolah dengan *Data Reduction system*.

3.2.3. Visualization

Seperti halnya dibidang aeronautika dalam penelitian non aeronautika besaran-besaran kuantitatif aerodinamika yang terukur juga diperlukan data-data pendukung kualitatif yang lain seperti visualisasi aliran dipermukaan model. Beberapa teknik visualisasi aliran yang digunakan adalah teknik minyak fluoresensi, teknik benang wool, sublimasi dan china clay.



Gambar 5. Model pelindung matahari disangga dengan *sting*



Gambar 6. Model Gedung BPPTeknologi



Gambar 7. Model kapal perang (kiri) dan alat transportasi darat bis (kanan)

Selain itu UPT-LAGG BPPTeknologi mempunyai fasilitas pengujian untuk moda transportasi laut dan darat seperti terlihat pada Gambar 7.

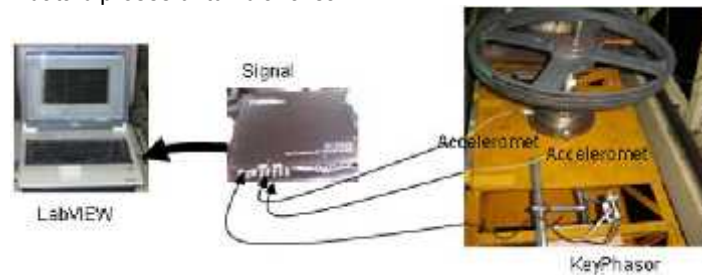
3.3. Pengujian Getaran

Didalam bidang teknik tidak terlepas dari problema getaran sebagai akibat interaksi struktur dengan aliran fluida. Respon struktur terhadap aliran menjadi perhatian penting para peneliti. Apabila respon frekuensi berdekatan dengan frekuensi natural sistem sangatlah riskan. Sehingga design model harus dioperasikan dalam lingkungan jauh dari frekuensi natural.

Selanjutnya contoh pengukuran getaran diagram peralatan pengukur getaran ditunjukkan oleh Gambar 8 [3]. Pada Gambar 8 nampak bahwa accelerometer ditempel pada sumbu as rotor pada arah yang saling tegak lurus. Kemudian disambungkan oleh kabel data pada Conditioning Unit (CU) yang selanjutnya disambungkan ke computer. Dengan memakai program LabView data dikumpulkan dan diproses untuk mendapatkan data percepatan sinyal yang ditangkap oleh accelerometer.

Secara singkat cara kerja dapat dijelaskan sebagai berikut: sinyal getaran dari sumber sudu rotor akan merambat dan mencapai pada rumah bearing. Sinyal simpangan yang telah mencapai rumah bearing ditangkap

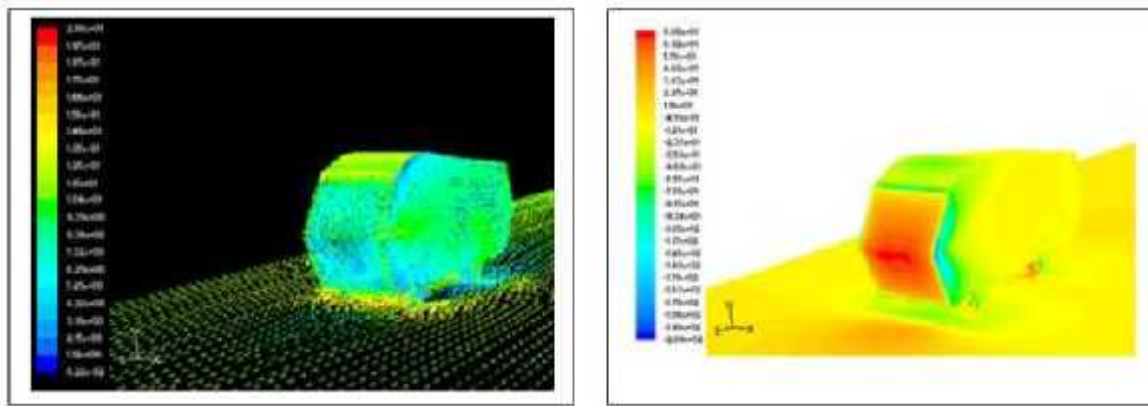
oleh accelerometer. Selanjutnya sinyal dikirim ke CU agar cukup kuat untuk diproses kemudian dengan perangkat lunak LabView data diproses untuk dianalisa.



Gambar 8. Diagram perangkat pengukuran getaran

3.4. Simulasi Dinamika Fluida

Dewasa ini simulasi dinamika fluida merupakan alat bantu yang cukup penting. Pengaruh aliran fluida terhadap model dapat dipelajari lebih cepat dengan tingkat keakurasian yang semakin baik. Apalagi bila pengukuran secara eksperimental yang tidak memungkinkan simulasi dinamika fluida merupakan perangkat yang sangat berharga.



Gambar 9. Vektor kecepatan & distribusi tekanan statis disekitar alat transportasi bis pada kondisi $v=11.11\text{m/s}$

Gambar 9 menunjukkan hasil simulasi dinamika fluida sebagai salah satu contoh penerapan dalam menganalisa aliran disekitar alat transportasi darat [4]

4. SIMPULAN

UPT-LAGG BPPTeknologi memiliki fasilitas uji terowongan angin yang bermanfaat dalam penelitian dan pengembangan disiplin ilmu aeronautika maupun non aeronautika. Beberapa pengalaman telah diuraikan bahwa fasilitas uji merupakan sarana untuk merancang model, prototipe maupun model tata ruang perkotaan. Pengalaman berbagai pengujian dapat diintegrasikan menjadi satu kemampuan dalam menyongsong era global yang tak terelakkan.

Fenomena interaksi aliran udara dengan bangunan tinggi merupakan bidang penelitian multidisiplin yang meliputi bidang ilmu aerodinamika, aeroelastisitas, dinamika struktur, lingkungan. Dimasa-masa mendatang model tata ruang seperti ini terus tumbuh berkembang seiring untuk mengoptimalkan lahan perkotaan yang ada. Bangunan tinggi menjadi sebuah kebutuhan yang perlu diikuti kemampuan penguasaan perancangan tata ruang perkotaan.

Penggunaan uji terowongan angin merupakan kebutuhan yang semakin meningkat agar didapat desain yang memenuhi standar yang ditentukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Leighton Cochran and Russ Derickson, *A Physical Modeler's View of Computational Wind Engineering*, The Fifth International Symposium on Computational Wind Engineering (CWE2010) Chapel Hill, North Carolina, USA. May 23-27, 2010.
- [2] F. Jaarsma and M. Laihad, *Indonesian Low Speed Tunnel*, International Symposium on Aeronautical Science and Technology of Indonesia (ISASTI), Jakarta. June 24-27, 1986.
- [3] Subagyo, R. Wibawa Purabaya dan Matza Gusto A., *Pengukuran Getaran untuk Pengembangan dan Pemantauan dalam Rekayasa Teknologi Peralatan Poros Berputar*, Seminar Nasional Perkembangan Riset dan Teknologi Di Bidang Industri ke-16, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta, Indonesia. May 27, 2010.
- [4] Subagyo, *Simulasi Numerik Aliran di Sekitar Wahana Transportasi*, Seminar Nasional Iptek Dirgantara 2010 (Siptekgan 2010), Graha Widya Bhakti, Tangerang Selatan, Nopember 15, 2010.