

Terbit online pada laman web jurnal : <http://metal.ft.unand.ac.id>**METAL: Jurnal Sistem Mekanik dan Termal**

| ISSN (Print) 2598-1137 | ISSN (Online) 2597-4483 |



Artikel Penelitian

Separasi Aliran pada Permukaan Atas Airfoil Kumbang Kelapa dengan Metoda China Clay

Benny Dwika Leonanda^a

^aJurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang, 25163, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 04 September 2020

Revisi Akhir: 05 Oktober 2020

Diterbitkan Online: 15 Oktober 2020

KATA KUNCI

Airfoil

Kumbang kelapa

China clay

Separasi

KORESPONDENSI

E-mail: benny@eng.unand.ac.id

A B S T R A C T

This study is aimed at identifying airfoils by mimicking the curved shape of the wings of a flying animal. This interferes with what people did in ancient times to obtain objects capable of flying. The animal profile selected was the Coconut Beetle (*Rhinkoporus Rhigidoporus*). The wings were divided into nine pieces and made a wing model with a chord size of 15 cm, a length of 45 cm and tested in a subsonic force draft wind tunnel with a test section measuring 45 x 45 x 100 cm³. Tests are carried out to measure the length of flow separation on the upper surface of the airfoil at Reynolds and the different angles of attack of the airfoil. The China Clay method was used to determine the separation point on the airfoil surface, and the test results obtained various separation points for different angles of attack and Reynolds number.

1. PENDAHULUAN

Jauh hari sejak abad ke-13 Roger Bacon[1] meramalkan bahwa akan ada kemungkinan pada masa akan datang manusia membuat sebuah mesin yang mampu terbang dengan menggunakan sayap tiruan binatang. Hal ini diperkirakan sebelumnya bahwa dengan menggerakkan sayap seperti halnya burung atau serangga yang mampu terbang mesin tersebut mampu terbang. Dua abad kemudian, Leonardo da Vinci membuat banyak sketsa ornithopter, yaitu rancangan mesin-mesin yang dipakaikan kepada badan manusia dengan berbentuk sayap-sayap yang dikepaan di udara[2]. Keinginan orang untuk dapat berada di udara mulai tampak dan tercapai setelah Bartome de Gusmau, dari Brasil, memperagakan balon udara panas pertama di Portugal. Balon kecilnya terbuat dari bahan kertas tebal, dengan menggunakan udara

panas berasal dari nyala api *burner* dari dalam mangkuk tembikar. Pada bulan April 1783, Motgufier bersaudara berhasil menerbangkan balon pertama bersama manusia di Perancis. Setelah itu dengan memperangkap gas hydrogen di dalam balon, sebuah benda baru mampu terangkat diudara dan terbang. Balon udara tersebut yang dilengkapi dengan mesin dan baling-baling disebut dengan nama Zeppelin, buatan Jerman. Sebuah adalah kapal udara pertama yang bisa dikemudikan manusia.

Penelitian terhadap airfoil mulai dikembangkan pada tahun 1800-an[3,4]. Sebuah penampang melintang terhadap aliran udara (Saat sekarang dipakai sebagai sayap pesawat udara, bilah dari pesawat tidak tetap, rotor, helicopter ataupun turbin, ataupun layar). Hal ini diketahui bahwa

sebuah pelat mampu menghasilkan gaya angkat jika mempunyai sudut serang terhadap aliran udara. Besar kecil kemampuan gaya angkat tersebut diatur sedemikian rupa terhadap aliran udara. Sir George Cayley dicatat sebagai orang paling awal mengetahui cara mengapung di udara tanpa harus mengepakkan sayap. Hal ini terjadi seratus tahun sebelum Orville dan Wilbur Wright membuat pesawat terbang pertamanya. Sebelumnya H.F

Tahun 1939 NACA[5] di Langley merancang dan menguji airfoil aliran laminar pertama kali di dunia. Peneliti yang berkontribusi dalam hal ini adalah Easmant Jacob. Airfoil yang diuji memiliki gaya seret yang rendah. ditunjukkan untuk rasio gaya angkat (lift) dan gaya seret (drag) mencapai 300 kali. Konsep ini dikembangkan dan dipakai setelah Easmant Jacobs mendemonstrasikandi dalam sebuah terowong angin.

Kebanyakan airfoil pada saat sekarang relatif pipih (dengan rasio tebal dengan panjang chord kecil dari 1.8), memiliki ujung depan (hidung) tumpul dan ujung belakang (ekor) yang tajam. Ujung depan yang tumpul ditujukan untuk mencegah dan memperlambat terjadinya separasi aliran yang akan membangkitkan gaya angkat[6].

Untuk sudut serang kecil, aliran udara di sekitar permukaan airfoil akan mengikuti permukaan secara halus dan teratur, lapisan batas menyebabkan sedikit deviasi. Apabila sudut serangnya besar maka akan terbentuk daerah stall, aliran terpisah dengan permukaan airfoil pada hidungnya. Pada sudut ini gaya yang bekerja pada airfoil menjadi tidak stabil dan terjadi penurunan gaya angkat, seiring meningkatnya tekanan dipermukaan airfoil tersebut. Sudut serang yang kecil aliran separasi dapat diperlambat, gradien tekanan yang terjadi dipunggung airfoil tidak begitu besar[7].

Separasi aliran dipermukaan dapat menimbulkan rugi-rugi energi, ketidakstabilan, menyebabkan stall, dan mengurangi kemampuan sebuah airfoil. Sebuah airfoil dikatakan bekerja dengan baik jika lapisan batas udara yang terdapat di permukaan tetap menempel pada permukaannya. tekanan.

Dalam hal ini tidak terjadi separasi aliran, dan tidak terbentuk *bubble* (gelembung)[8,9]. Kondisi ditail pada fenomena separasi di atas permukaan airfoil dijelaskan oleh Hazen(1967), seperti; separasi pada ekor airfoil, gelembung separasi yang besar, gelembung separasi yang kecil, dan gelembung separasi yang panjang di atas permukaan airfoil.

Airfoil-airfoil yang banyak dipakai pada zaman sekarang untuk berbagai keperluan seperti pesawat terbang, mesin-mesin turbo, propeller kapal laut dan baling-baling pada kincir angin dan helikopter jauh berbeda dengan desain awal airfoil jaman lampau. Walaupun demikian masih terbuka untuk pengembangan dan mencari bentuk airfoil baru. Desain akhir airfoil zaman sekarang mempunyai bentuk-bentuk yang berbeda. Hal ini disebabkan oleh kebutuhan yang berbeda sesuai dengan pengembangan dan kondisi pemakaian serta mesin yang memakai airfoil tersebut. Airfoil yang paling sederhana sampai saat ini adalah airfoil berbentuk seperti sayap capung, tipis, chambernya mirip sayap burung seperti disain awal dari Lilienthal.

Sepanjang desain airfoil sampai saat ini tidak ada aturan khusus, atau perumusan tentang sebuah airfoil. Hanya konsep umum sebuah penampang melintang di dalam aliran udara yang tegak lurus terhadap chordnya[10-12]. Penamaan sebuah airfoil dinamakan berdasarkan nama lembaga atau instansi yang melakukan riset terhadap airfoil tersebut. Masing-masing lembaga atau perusahaan yang melakukan riset memberikan nomor register sesuai dengan kebutuhan mereka masing-masing. NACA memberikan aturan penamaan berdasarkan seri angka, dalam bentuk susunan 4, 5, dan 6 angka. Angka-angka tersebut merupakan rujukan terhadap informasi-informasi yang terdapat pada sebuah airfoil seperti ketebalan maksimum, kelengkungan (*chamber*) maksimum, posisi ketebalan maksimum, posisi kelengkungan maksimum, serta radius dari hidung airfoil.

Meniru bentuk sayap binatang untuk membentuk sebuah airfoil dilakukan pertama kali oleh Philip, 1884. Dia memantapkan beberapa bentuk sayap dalam bentuk airfoil setelah dia mengamati

beberapa bentuk kurvatur dari sayap burung. Tahun 1891 Otto Lilienthal, menyempurnakan bentuk air foil dengan membuat bentuk lengkung pada penampang melintang pada aliran udara dengan membuat chamber (ruang) antara dua garis permukaan pelat. Bentuk kedalaman chamber mempengaruhi dipercaya performa airfoil dan mempengaruhi gaya angkat. Hal tersebut dinyatakan dengan mengamati potongan-potongan sayap burung dan mempelajari bagaimana burung dapat terbang. Percobaan dilanjutkan dengan membandingkan distribusi ketebalan chamber, dan diameter leading edge (hidung) dari airfoil. Wright Brother berhasil pertama kali dalam membuat dan meneliti airfoil. Penelitian dilakukan dengan menggunakan sebuah terowong angin. Penggunaan terowongan angin merupakan eksperimen aerodinamika pertama kali di dunia. Percobaan yang mereka lakukan berhasil, setelah meniru berbagai bentuk airfoil-airfoil yang dirancang Lilienthal. Sebuah penampang melintang di aliran udara dan mempunyai chamber (ruang antara dua permukaan pelat). Pengujian dilakukan pada kecepatan aliran udara yang rendah, dalam kategori bilangan Reynolds rendah. Hasil penelitian mereka menyimpulkan sebuah airfoil yang layak dipakai adalah airfoil berbentuk tipis dan mempunyai kelengkungan tinggi.

Banyak binatang mempunyai kemampuan terbang, di antaranya adalah kumbang. Seekor kumbang mempunyai badan yang unik, berbadan besar dan sayap yang kecil. Di samping mempunyai sayap keras dia juga mempunyai sayap lembut yang berfungsi sebagai penggerak. Walaupun begitu, sayap keras yang terdapat pada bagian luar tentunya mempengaruhi karakteristik mampu terbang dari binatang itu. Di antara kumbang yang ada dipilih di dalam penelitian ini adalah seekor kumbang kelapa, (*Rhinkoporus Rhigidoporus*), karena mempunyai kemampuan terbang lebih dari rata-rata kumbang lainnya, dan jarak terbangnya termasuk jauh.

Pada penelitian ini ditujukan untuk mencari bentuk airfoil baru dari meniru bentuk-bentuk airfoil/permukaan melengkung yang terdapat pada binatang mampu terbang, dan mempelajari

karakteristik aliran udara dipermukaannya. Seperti hal yang dilakukan pada penelitian terhadap airfoil pada zaman-zaman awal dengan mengadopsi teknologi pada zaman sekarang.

2. METODOLOGI

2.1. Pembentukan model

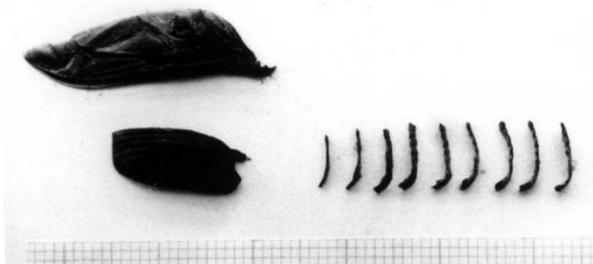
Kumbang kelapa (*Rhinkoporus Rhigidoporus*) adalah sejenis kumbang yang hidup di puncak pohon kelapa. Kumbang ini berpindah dari suatu pohon ke pohon lain dengan terbang. Kemampuan terbang dari kumbang ini lebih dari rata-rata kumbang lainnya, mengingat tingginya pohon kelapa yang harus dihindangi, serta kencangnya angin di atas permukaan tanah. Kumbang ini mampu terbang dengan kecepatan 2,45 m/s, mempunyai panjang sayap keras ± 15 mm, dan panjang sayap lunak sekitar dua kalinya panjang sayap keras. Bentuk kumbang tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kumbang kelapa (*Rhinkoporus Rhigidoporus*)

Gambar 2 dapat dilihat bentuk sayap keras dan lunak dari kumbang kelapa, serta potongan-potongan sayap kumbang yang dapat diperoleh dari sayap kumbang kelapa. Dari potongan-potongan sayap tersebut dipetakan dan dibuat sistem koordinat masing-masingnya. Dengan memakai sebuah perangkat lunak yang biasa dipakai untuk menggambar, garis-garis singgung yang terdapat pada koordinat tersebut dibentuk sebuah kurva sehingga membentuk sebuah airfoil.

Dari koordinat airfoil dibentuk sebuah model kayu dengan rasio 1:10. Permukaan model airfoil dihaluskan dengan menggunakan dempul atau *putty* dan kemudian model tersebut dicat hitam.



Gambar 2. Potongan-potongan sayap kumbang kelapa

2.3. China Clay

Tanah liat terdiri dari partikel mikrokospis, sub-mikrokospis yang berbentuk lempeng-lempeng pipih. Partikel-partikel ini terdiri dari partikel mika, mineral-mineral, partikel-partikel tanah liat lainnya. Mineral yang membentuk tanah liat pada dasarnya terdiri dari silika, alumina, atau magnesia atau keduanya, dan air. Terdapat substitusi besi untuk aluminium dan magnesium dalam derajat bervariasi, serta kalium, natrium, dan kalsium dalam jumlah yang banyak.

Proses pembentukan spesimen uji dilakukan dengan cara-cara tertentu untuk memastikan keberhasilan Pengujian. Besarnya partikel-partikel tanah liat ini berada di antara 2 s/d 5 μm . Tanah liat yang dipakai di dalam pengujian dilarutkan di dalam air, partikel-partikel organik dipisahkan dengan cara mengapungkan pada permukaan air. Tanah liat diendapkan dalam waktu tertentu, partikel-partikel yang berat dan yang ringan terpisah antara satu dengan yang lain

Setelah dipisahkan dengan bagian yang tercampur dengan zat organik dan partikel-partikel padat, tanah liat tadi dikeringkan, dan digerus. Hasil gerusan kemudian serta diayak dengan ayakan berukuran 100 μm . sehingga diperoleh bubuk halus siap digunakan untuk specimen uji.

Di dalam pemakaian tanah liat dicampur dengan kerosene dioleskan dipermukaan airfoil secara

merata dengan menggunakan sebuah kuas halus berukuran empat inci. Seluruh permukaan airfoil terlapisi oleh larutan tanah liat-kerosene.

Spesimen uji ditempatkan di dalam seksi uji sebuah terowong angin. Terowongan yang digunakan adalah terowongan jenis forcedraft, subsonic dengan seksi uji berukuran 45 x 45 x 100 cm, seperti Gambar 3.



Gambar 3. Model airfoil sayap kumbang kelapa terpasang di terowong angin

Bagian permukaan airfoil diatur sedemikian rupa sehingga yang dikenai langsung oleh aliran udara akan kering serentak pada jangka waktu tertentu dan bagian lain masih terlihat basah. Pengujian dihentikan setelah laju pengeringan permukaan airfoil terlihat berlangsung lambat. Hasil eksperimen kemudian difoto dan hasil photo dipakai di dalam pengambilan data.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Permukaan airfoil yang dioles dengan tanah liat yang tercampur kerosene (minyak tanah) berbentuk kasar dan beralur sesuai dengan guratan kuas. Akan tetapi alur kasar tersebut tidak melebihi jarak antar lembar-lembar benang kuas itu sendiri.

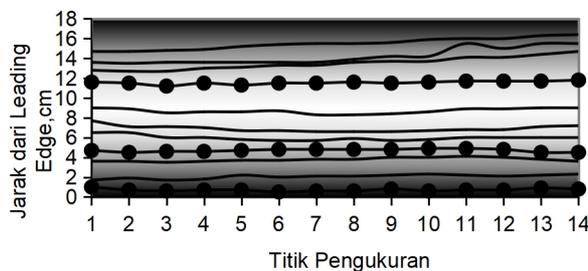
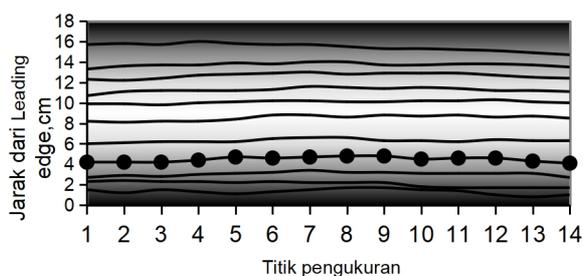
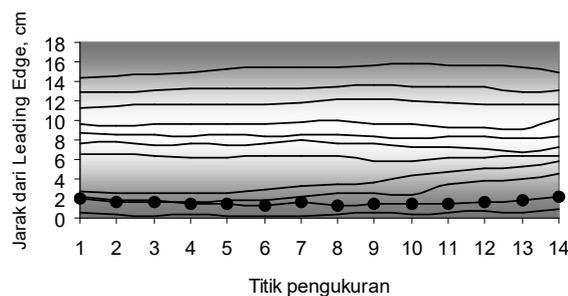
Kemampuan adhesive tanah liat untuk lengket antara partikel satu dengan lain, serta terhadap permukaan lain dapat menutup seluruh permukaan airfoil dengan sempurna. Penarikan kuas dari hulu ke hilir dan ke hulu arah goresan kembali menjamin kerataan pelapisan tanah liat pada permukaan airfoil dalam arah penarikan kuasnya.

Kemampuan tanah liat kering merupakan fungsi dari kecepatan aliran udara di dalam terowong angin. Permukaan tanah liat yang bersentuhan langsung dengan aliran udara (dalam hal tidak terjadi separasi aliran pada permukaan airfoil) akan cepat kering dibandingkan pada permukaan yang telah terjadi separasi aliran.

Bagian leading edge (hidung airfoil) akan kering untuk pertama kali. Ketika Pengujian di lakukan.. Permukaan kering akan menjalar dengan cepat pada punggung airfoil yang kering dari permukaan tanah liat pada airfoil selalu dimulai pada bagian hidung airfoil, kemudian menjalar dengan cepat pada bagian punggungnya. Bagian ekor airfoil akan kering setelah bagian hidung kering seluruhnya. Permukaan basah pada bagian punggung akan bertahan sekian lama sampai seluruhnya akan kering. Perbandingan kering dan

basahnya permukaan aliran dapat dilihat pada Gambar 4.

Penarikan kuas akan memberikan alur pada permukaan airfoil yang terbalut dengan tanah liat. Alur ini berbentuk sejajar dan berjarak yang sama sesuai dengan jarak antar benang dan arah penarikan kuas tersebut. Pada waktu dikenai aliran udara alur-alur tersebut tertarik ke belakang dan segera berhenti jika permukaan tanah liat mulai kering. Hal ini terlihat dari bentuk guratan-guratan yang melengkung ke belakang pada bagian tengah. Akan tetapi gaya seret udara pada permukaan airfoil tidak mampu mengubah pola-pola guratan yang ditinggalkan oleh benang-benang kuas. Pola-pola guratan tersebut tetap bertahan seperti Gambar 4(a).



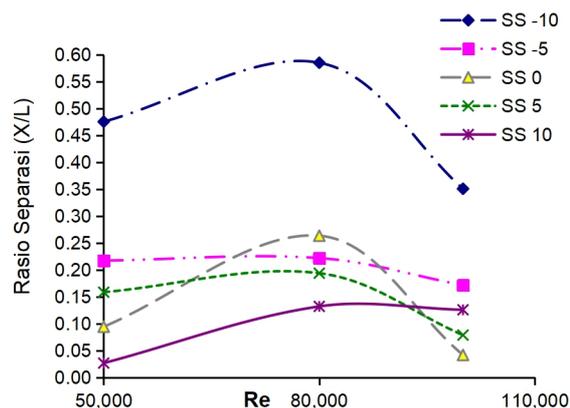
Gambar 4. Foto permukaan airfoil terlapisi tanah liat dan pola guratan : (a) Sudut serang 0° pada Re 50.000; (b) sudut serang 0° Re 80.000, dan (c) sudut serang 0° Re 100.000.

Penarikan kuas akan memberikan alur pada permukaan airfoil yang terbalut dengan tanah liat. Alur ini berbentuk sejajar dan berjarak yang sama sesuai dengan jarak antar benang dan arah penarikan kuas tersebut. Pada waktu dikenai aliran udara alur-alur tersebut tertarik ke belakang dan segera berhenti jika permukaan tanah liat mulai kering. Hal ini terlihat dari bentuk guratan-guratan yang melengkung ke belakang pada bagian tengah. Akan tetapi gaya seret udara pada permukaan airfoil tidak mampu mengubah pola-pola guratan yang ditinggalkan oleh benang-benang kuas. Pola-pola guratan tersebut tetap bertahan seperti Gambar 4(b).

Penentuan panjang separasi harus dilakukan dengan seksama sehingga laju pengeringan dapat diamati dengan jelas. Apabila laju pengeringan berjalan dengan lambat maka pengujian harus dihentikan, dan panjang tanah liat yang kering pada permukaan airfoil harus segera terukur. Keterlambatan dalam mengamati laju pengeringan tanah liat pada permukaan airfoil akan mengakibatkan batal eksperimen karena tanah liat yang masih basah segera akan kering seluruhnya dengan serentak. Diperlukan pengalaman dan ketelitian dalam mengamati kapan sebuah eksperimen ini selesai atau belum.

Pada umumnya panjang titik separasi akan bertambah dengan bertambahnya kecepatan atau bilangan Reynolds seperti terlihat pada bilangan Re $5 \cdot 10^4$ dan $8 \cdot 10^4$. Akan tetapi fenomena ini tidak selalu demikian, pada bilangan Re 10^5 , panjang titik separasi dari hidung airfoil turun, seperti terlihat pada Gambar 5.

Pada sudut serang negatif panjang separasi aliran dari hidung airfoil bertambah besar, karena permukaan yang diterpa oleh aliran udara semakin besar. Dan panjang titik separasi akan berkurang jika sudut serang berharga positif. Panjang separasi aliran yang paling besar terlihat pada sudut serang -10° pada bilangan Re 810^4



Gambar 5. Hubungan panjang titik separasi aliran dengan bilangan Reynolds

Bagian ekor airfoil pada kecepatan tinggi, atau bilangan Re yang besar ikut segera kering sejalan dengan keringnya tanah liat pada bagian hidung airfoil tersebut. Tidak dapat dijelaskan lebih jauh kenapa bagian ekor dari airfoil segera kering, walaupun aliran udara langsung tidak mungkin mengenai permukaan ini. Kemungkinan yang paling besar adalah tekanan rendah yang terbentuk pada bagian belakang airfoil. Dan tekanan rendah ini juga mengakibatkan bertambah besarnya kecepatan aliran di punggung airfoil bertambah besar.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Metoda tanah liat, *China Clay*, merupakan salah satu metoda yang masih relevan dan dapat digunakan untuk mencari titik separasi aliran pada sebuah permukaan yang dikenai oleh aliran udara. Teknik ini didasarkan pada perbedaan jumlah penguapan kerosene pada daerah laminar, turbulen, dan transisi pada permukaan airfoil. Pada penelitian dapat disimpulkan bahwa dalam menentukan titik separasi adalah membedakan permukaan yang kering dan basah pada airfoil. Perubahan panjang permukaan kering dari leading edge airfoil bertambah panjang sesuai dengan bertambah besarnya bilangan Reynolds. Pada sudut yang berbeda juga mempengaruhi panjang lapisan kering tanah liat yang kering di atas permukaan airfoil. Makin besar sudut serang maka semakin makin dekat pula titik separasi dari leading edge. Pada sudut-sudut tertentu batas permukaan kering dan basah dari tanah liat tidak

begitu jelas karena ada permukaan kering yang terjadi di daerah trailing edge di samping leading edge.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] History of Airfoil Development, 2004, www.airfoil.com
- [2] J.D. Anderson, *Fundamental of Aerodynamics*, 2nd edition, Mc. Graw-Hill, 1984.
- [3] T.H. Luth, *Airfoil Design and Optimization*, Institute for Aerodynamics and Gas Dynamics, University of Stuttgart
- [4] P. Giguere, M.S. Selig, *Blade design Trade-off Using low-lift Airfoil for stall regulated HAWTs*, University of Illinois, 1999
- [5] G. De Bothezat, *An Introduction to The Law of Air Resistance of Aerofoil*, NACA Report No. 28.
- [6] P. K. Chang, *Control of Flow Separation*, Mc Graw-Hill, 1976.
- [7] G. Casale, M. Onorato, Qughotti, *Flow Visualization Methods for Vertical Flow Studies*, Politecnico di Torino, Torino, Itali.
- [8] H. Mc Mahon, J. Jagoda, N.Komerath, dan J. Seitzman, *Flow visualization*, School of Aerospace engineering, 1999.
- [9] I. W. Newton, *Flow Visualization*, Aerospace and Ocean Engineering Dept, Virginia Polytechnic Institute and State University Blacksburg, Virginia, 27 Januari 2002.
- [10] M.D. Maughmer, T.S. Swan, dan S.M. Willets, *The Design and Testing of a Winglet Airfoil for low-speed aircraft*. The Pennsylvania State University, Pennsylvania, 2002.
- [11] *Eppler Airfoil Design and Analysis Code*, 4-5-2004, www.airfoil.com
- [12] *Subsonic Airfoil Design*, 4-5-2004, www.airfoil.com