

Studi Eksperimental tentang Karakteristik Airfoil Naca 0015 Berskat Bagian atas dengan Variasi Jarak Skat

Setyo Hariyadi S.P.^{1,2}, Didit Waskito¹

1) Laboratorium Mekanika dan Mesin Fluida
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh
Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

2) Program Studi Teknik Pesawat Udara, Politeknik Penerbangan Surabaya

Jl. Jemur Andayani I/73, Wonocolo, Surabaya 60236

Email: hudzaifahsetyo@gmail.com

Abstrak

Gaya *lift* merupakan salah satu gaya yang bekerja pada benda jika terdapat perbedaan distribusi tekanan antara sisi atas dengan sisi bawah bilamana aliran fluida melewatinya. Dalam perancangan sayap pesawat terbang, gaya aerodinamik (gaya *lift* dan *drag*) merupakan parameter yang penting. Oleh sebab itu usaha-usaha dan penelitian untuk meningkatkan kinerja sayap, banyak yang dilakukan orang.

Dalam penelitian yang dilakukan ini, dikaji pengaruh dari pemberian skat-skat pada sayap pesawat terbang NACA 0015 simetri, terhadap kinerja sayap, dengan mengukur gaya *lift* (F_L) dan gaya *drag* (F_D) yang ditunjang data C_P dan dilakukan secara eksperimental pada terowongan angin subsonic.

Studi eksperimental yang dilakukan di *wind tunnel* untuk model airfoil NACA 0015 terbukti bahwa penambahan skat pada bagian atas mampu meningkatkan *lift*.

Kata kunci: *Skat, lift, drag dan Koefisien tekanan*

PENDAHULUAN

Semenjak Otto “The Glinder man” *Lilienthal* (1896) dan *Wright Brother* dapat menerbangkan “The Flyer I” selama 59 detik (1903) hingga kini perkembangan pesawat terbang semakin pesat. Perkembangan tersebut juga diimbangi dengan perkembangan material yang lebih ringan dan cara perancangan yang lebih optimum, terutama pada sayap pesawat terbang.

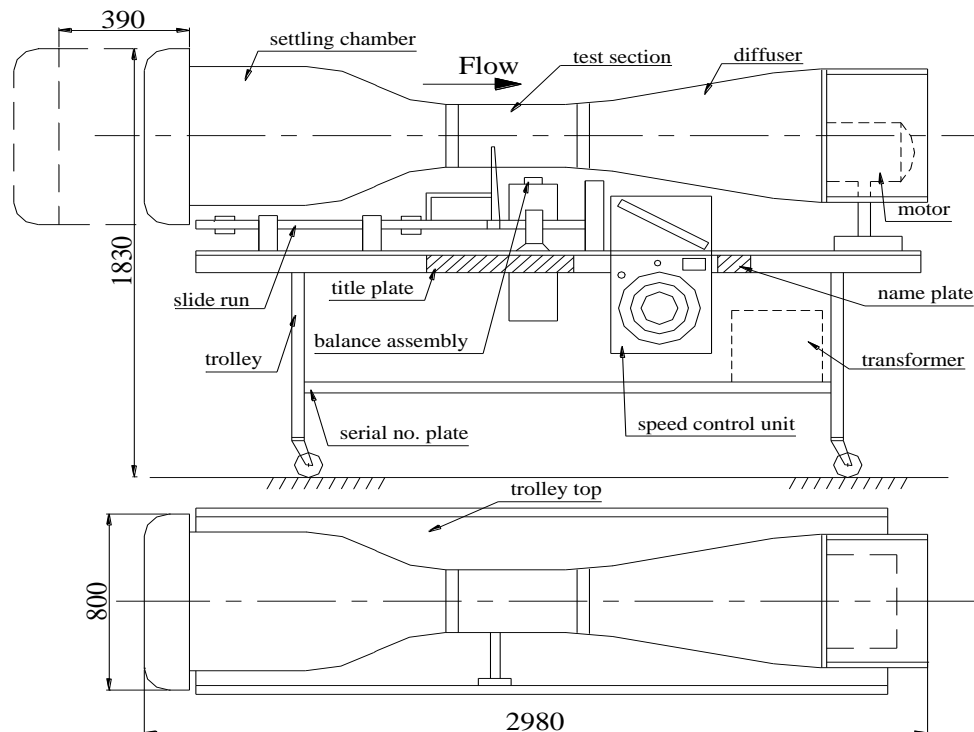
Pesawat terbang mampu mengangkat beban yang cukup berat karena adanya gaya angkat yang dibangkitkan sendiri oleh sayap pesawat terbang tersebut. Gaya angkat yang terjadi disebabkan oleh perbedaan tekanan pada permukaan atas dan permukaan bawah dari sayap. Apabila suatu sayap pesawat menembus suatu medan aliran bebas dengan pemberian sudut serang tertentu maka akan timbul perbedaan tekanan serta kecepatan antara profil yang atas dengan profil yang bawah pada sayap pesawat. Pada sisi atas sayap terjadi peningkatan kecepatan namun akan mengalami penurunan tekanan statis dan akan diimbangi dengan kenaikan tekanan dinamisnya. Dengan adanya perbedaan tekanan tersebut maka sayap pesawat akan terdorong naik ke atas dan gaya untuk menaikkan kinerja sayap pesawat ini disebut *lift force*.

Salah satu cara untuk menaikkan kinerja sayap pesawat ini adalah dengan penambahan kecepatan pada bagian atas sayap tersebut, sehingga didapatkan peningkatan momentum aliran pada sisi atas sayap pesawat. Hal ini dapat memundurkan titik separasi serta dapat memperkecil daerah wake dan pada akhirnya akan meningkatkan *lift force* (gaya angkat). Penambahan kecepatan ini diduga dapat dilakukan dengan cara memberikan skat-skat pada bagian atas pesawat. Peningkatan kinerja sayap pesawat terbang dapat dilakukan dengan mengaktifkan *boundary layer control* dengan cara menambahkan momentum aliran udara pada dinding sayap melalui penyekatan aliran udara pada bagian atas.

METODOLOGI

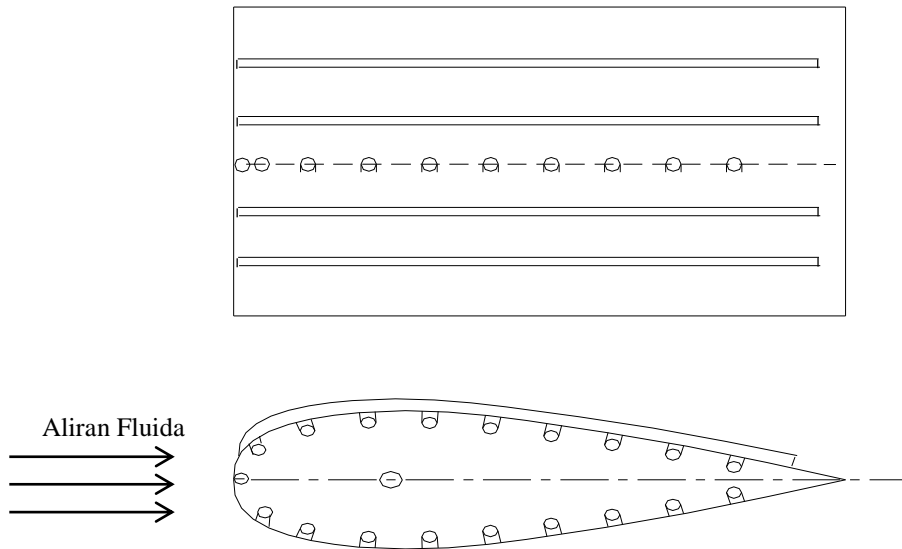
Peralatan utama selain model sayap (*airfoil*) adalah terowongan angin. Percobaan melalui terowongan angin ini dimaksudkan agar sayap dapat diuji dalam skala model. Pengujian sayap pada pengukuran sebenarnya cukup sulit, lagi pula memerlukan biaya yang besar. Tetapi sudah barang tentu kondisi-kondisi pada saat pengujian diusahakan mendekati kenyataan. Terowongan angin yang digunakan adalah jenis open *circuit wind tunnel*, yaitu jenis *wind tunnel* dimana udara yang dialirkan, tidaknya dapat disirkulasikan, tetapi langsung dilepas ke udara bebas setelah melalui *test section*. Menurut kecepatan dari udaranya, wind tunnel ini tergolong *subsonic wind tunnel*, yaitu jenis terowongan angin yang mempunyai kecepatan aliran udara dibawah 0.9 mach. Terowongan angin yang digunakan dalam percobaan ini adalah jenis *open circuit low speed wind tunnel* yang ditampilkan pada gambar 1. Data teknis yang dimiliki terowongan angin ini adalah:

- Jenis : *Subsonic open circuit wind tunnel*
- Catu daya listrik : 240 volt/50 Hz, 1.5 KW
- Dimensi utama : 2980 x 1830 x 800 mm
- Working section : 300 mm (octagonal) x 450 (panjang)
- Kec. Alir udara maksimum : 25 m/s
- Lift balans maksimum : 7.0 N
- *Drag balans* maksimum : 2.5 N
- Sensitivitas maksimum : 0.01 N



Gambar 1. *Subsonic wind tunnel*

Model sayap yang digunakan dalam percobaan ini adalah sayap simetris NACA 0015 dengan modifikasi penambahan skat pada bagian atas untuk mengetahui pengaruh penyekatan aliran terhadap penambahan *lift* dan *drag* ditunjang distribusi tekanan pada sayap tipe NACA 0015 sebagaimana terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Profil dengan peambahan skat

Skat yang digunakan adalah mika dengan tinggi 20 mm dan tebal 2mm.yang berguna untuk mengarahkan aliran sehingga terjadi percepatan aliran. Penyekatan yang dilakukan ada tiga tahap yaitu dengan jarak skat 20 mm, 25 mm dan 30 mm.hal ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh pemasangan skat dan jarak skat dengan ditunjang data C_p .

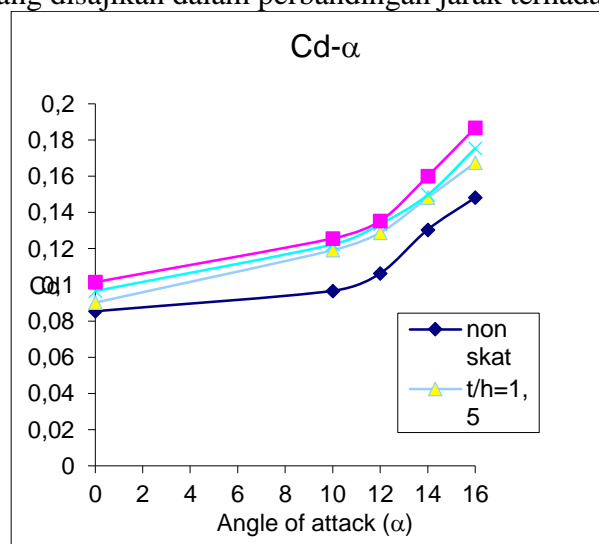
Aliran yang digunakan dalam percobaan ini adalah 15 m/s ($Re=2,27 \times 10^6$) dimana kecepatan tersebut digunakan pada model sayap tanpa skat dan menggunakan skat dengan variasi jarak skat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa perubahan C_D dan C_L

➤ Pengaruh penggunaan skat terhadap gaya seret.

Penambahan momentum kedalam boundary layer pada hakekatnya untuk melawan gaya gesek dari dinding kontur, sehingga memperbaiki struktur dari *boundary layer*. Perbaikan ini selanjutnya dapat berpengaruh terhadap gaya seret dan angkat. Gambar 3 memperlihatkan grafik koefisien *drag* fungsi sudut serang untuk kondisi tanpa skat dan menggunakan skat dengan 3 variasi jarak yang disajikan dalam perbandingan jarak terhadap tinggi skat (t/h).

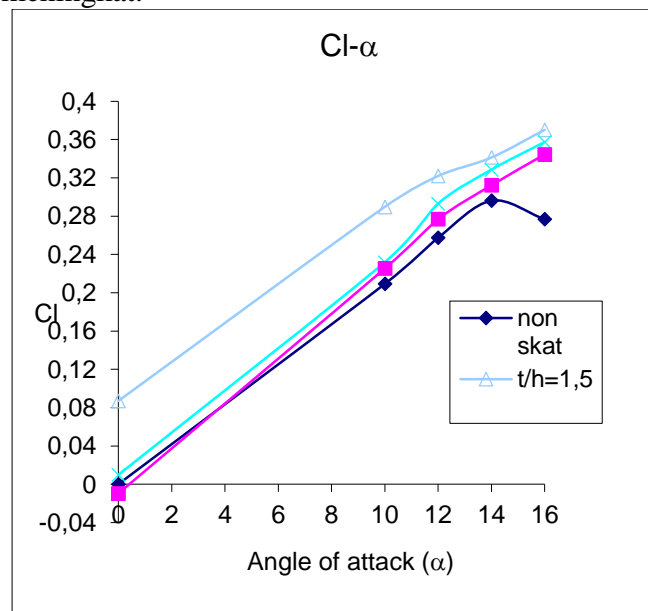


Gambar 3. Grafik perubahan C_D terhadap sudut serang

Gambar 3 menjelaskan bahwa dengan penggunaan skat tampak terjadi peningkatan C_D dibandingkan tanpa menggunakan skat. Secara umum hal ini disebabkan oleh bertambahnya bidang gesek akibat adanya skat. Peningkatan C_D terbesar terjadi pada $t/h=1$ dan peningkatan C_D terkecil pada $t/h=1,5$. Hal ini dimungkinkan karena pada $t/h=1$, ruangan yang membatasi aliran terlalu sempit sehingga Aliran fluida yang memasuki lorong skat terkonsentrasi akibat kondisi masukan dan gaya gesek pada permukaan dinding-dinding skat (fenomena aliran 3D). Sehingga momentum aliran akan cenderung tidak lebih mampu menahan gesekan dan tekanan balik yang terjadi, akibatnya memungkinkan mempercepat terjadinya titik separasi. Hal ini yang menyebabkan *drag* yang ditimbulkan pada $t/h=1$ lebih besar. Pernyataan di atas akan diperkuat dengan hasil pengukuran distribusi C_P sepanjang cord.

➤ Pengaruh penggunaan skat terhadap gaya angkat

Pengaruh penggunaan skat terhadap gaya angkat dapat dianalisa dari gambar grafik 4. di bawah yang menampilkan grafik koefisien gaya angkat (C_L) fungsi sudut serang (α). Gambar tersebut menjelaskan bahwa dengan penambahan skat meningkat pula gaya angkat yang terjadi bila dibandingkan dengan tanpa penambahan skat. Hal ini dimungkinkan karena karena dengan penambahan skat maka terjadi akselerasi aliran melalui lorong-lorong antara skat-skate tersebut, maka aliran pada permukaan atas lebih mampu melawan gaya gesek dari permukaan *airfoil*. Sedangkan pada permukaan bawah dalam kondisi tetap sehingga terjadi penambahan perbedaan tekanan antara permukaan atas dengan permukaan bawah, dan akibatnya *lift* menjadi meningkat.



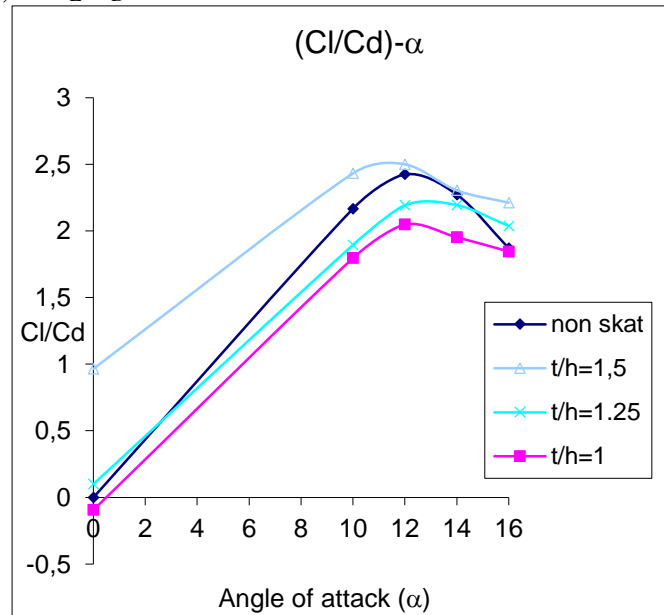
Gambar 4. Grafik perubahan C_L terhadap sudut serang

Kenaikan C_L terbesar terjadi pada $t/h=1,5$ karena jaraknya cukup lebar sehingga dimungkinkan pada jarak ini Aliran yang terkonsentrasi karena kondisi masukan mempunyai pengaruh yang kecil terhadap keseluruhan aliran fluida yang memasuki lorong-lorong skat. Akibatnya aliran udara menjadi lebih cepat dan tekanan permukaan atas cenderung lebih rendah sehingga menghasilkan *lift* yang lebih besar dibandingkan jarak skat yang lebih sempit ($t/h=1$ dan $t/h=1,25$).

Sedangkan untuk kenaikan C_L yang terkecil terjadi pada $t/h=1$, karena jarak skat terlalu sempit sehingga walaupun ada akselerasi aliran karena penyekatan tetapi Aliran yang terkonsentrasi pada kondisi masukan antar skat cukup besar pengaruhnya untuk menahan sebagian aliran yang memasuki lorong-lorong skat. sehingga kenaikan *lift* yang diharapkan dari akselerasi tersebut berkurang (tidak maksimal). Selain itu dengan penambahan skat tersebut tampaknya juga membuat *stall* terjadi pada sudut serang (α) yang lebih tinggi.

➤ Pengaruh penggunaan skat terhadap C_L/C_D

Pengaruh penggunaan skat terhadap perbandingan peningkatan gaya angkat dan gaya seret dapat dianalisa dari gambar 5, yang mana menampilkan grafik perbandingan koefisien *lift* dengan koefisien *drag* (C_L/C_D) terhadap sudut serang. Gambar tersebut menjelaskan bahwa dengan dengan penambahan skat maka ada peningkatan C_L/C_D pada $t/h=1,5$ sedangkan untuk $t/h=1$ dan $t/h=1,25$ C_L/C_D turun.



Gambar 5. grafik perubahan C_L/C_D terhadap sudut serang

Dari grafik tersebut tampak bahwa penambahan skat pada $t/h=1,5$ sangat efektif untuk menaikkan kinerja sayap tetapi untuk jarak lebih kecil ($t/h=1$ dan $t/h=1,25$) justru dapat menurunkan kinerja sayap. Dimana untuk memperbaiki kinerja sayap kita harus memaksimalkan *lift* yang dihasilkan dan meminimalkan *drag* yang ditimbulkan dari kenaikan lift tersebut. Pada $t/h=1$ dan $t/h=1,25$ kenaikan *lift* diiringi dengan kenaikan *drag* yang perbandingan lift dengan dragnya turun jika dibandingkan dengan tanpa skat. Tetapi untuk $t/h=1,5$ perbandingan lift dan dragnya naik dibandingkan dengan tanpa skat sehingga bisa dikatakan penambahan skat pada $t/h=1,5$ dapat meningkatkan kinerja sayap. Hal ini dimungkinkan karena pada jarak skat yang terlalu sempit Aliran yang berkontraksi pada kondisi masukan dan gaya gesek di permukaan dinding-dinding skat besar pengaruhnya untuk menahan sebagian aliran yang memasuki lorong-lorong skat, sehingga dapat menaikkan *drag* dan *lift* yang dihasilkan tidak dapat maksimal. Sedangkan untuk $t/h=1,5$ jaraknya cukup lebar sehingga pengaruh aliran berkontraksi pada kondisi masukan antar skat cukup kecil terhadap keseluruhan aliran yang memasuki lorong-lorong skat. Dengan demikian kenaikan *drag* yang disebabkan gaya gesek dari dinding skat kecil dan *lift* yang dihasilkan bertambah besar.

Analisa terhadap Perubahan nilai C_P

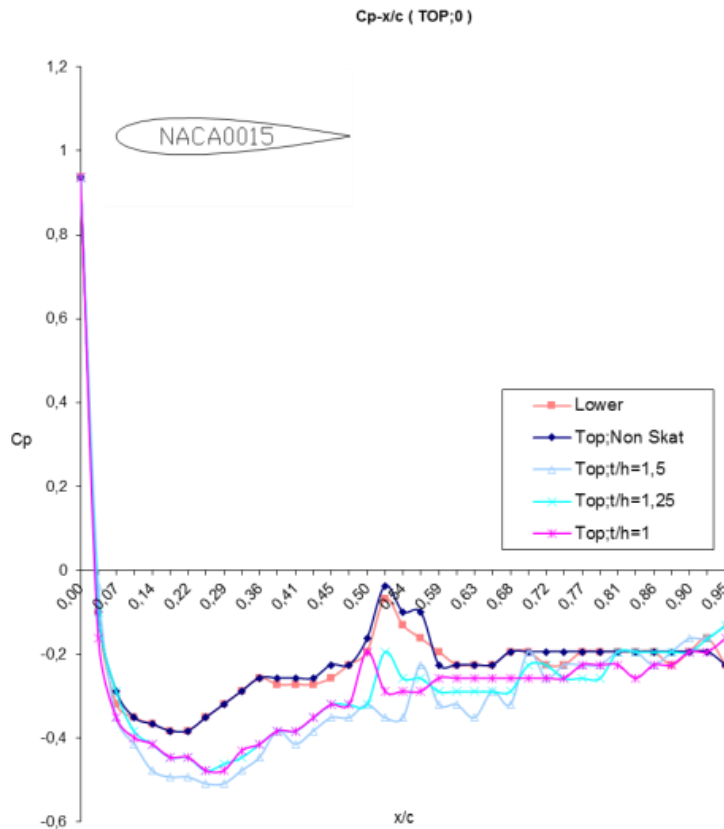
Dari data percobaan yang diolah dalam lampiran yang kemudian ditampilkan dalam grafik koefisien tekanan fungsi x/c seperti pada beberapa gambar pada analisa berikut.

Perubahan nilai C_P pada $\alpha = 0^\circ$

➤ Perubahan C_P tanpa skat

Pada gambar tampak sebelum menggunakan skat titik separasi terjadi di sekitar 60% Chord. baik di permukaan atas maupun permukaan bawah. Tekanan minimum terjadi di sekitar 26% Chord. Kemudian bergerak ke belakang aliran mengalami penurunan kecepatan. Tetapi aliran masih mampu mengatasi gaya gesek di permukaan. Sedangkan

pada daerah sekitar 60% Chord aliran mulai terseparasi dimana hal ini ditandai harga C_p yang mulai konstan. Hal ini terjadi karena gaya gesek dan adverse pressure gradient semakin besar sehingga momentum yang ada tidak mampu lagi mengatasinya. Karena pada permukaan bawah dan atas Gradien tekanannya relatif hampir sama serta separasi terjadi di jarak x/c yang sama sekitar 60% chord, maka tidak ada perbedaan tekanan antara sisi atas dan sisi bawah yang mampu menghasilkan *lift*.



Gambar 6. Perubahan nilai C_p terhadap x/c ($\alpha = 0^\circ$)

➤ Perubahan C_p dengan penambahan skat bagian atas

Dengan penambahan skat pada bagian atas ternyata membuat tekanan minimum di permukaan atas semakin turun kebawah dan mundur disekitar 33% chord, ini menunjukkan adanya penambahan akselerasi aliran dengan penambahan skat. Sedangkan pada permukaan bawah relatif tidak berubah. Tetapi pada $t/h=1$ ini titik separasi terjadi lebih awal dibandingkan dengan tanpa skat. Hal ini dimungkinkan karena jarak skat terlalu sempit sehingga Aliran yang terkontraksi pada kondisi masukan antar skat sangat besar pengaruhnya untuk menahan sebagian aliran fluida yang memasuki lorong-lorong skat.

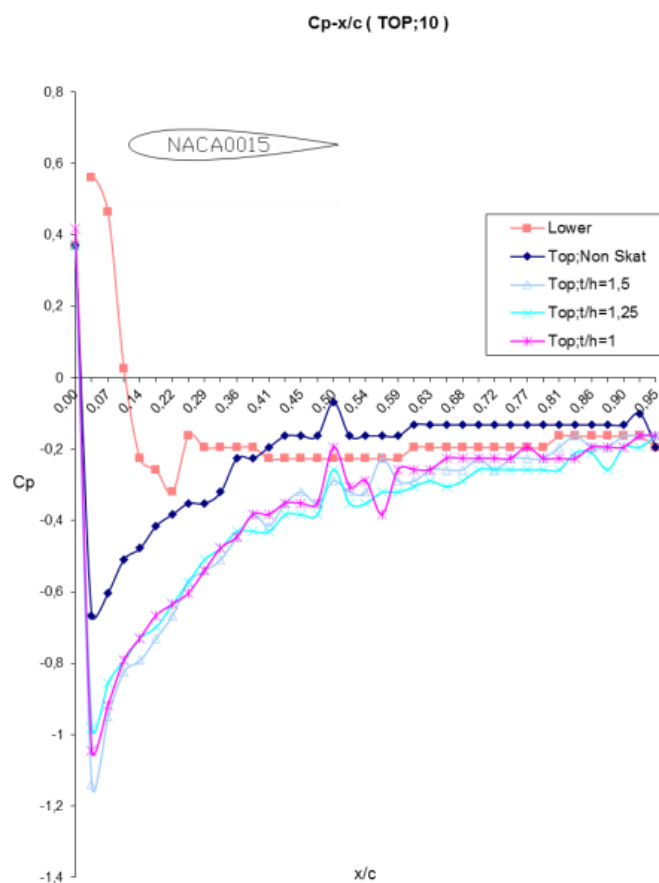
Sedangkan untuk $t/h=1,25$ dan $t/h=1,5$ tampak adanya akselerasi sehingga terjadi penurunan titik koefisien minimum dan kemunduran titik separasi. Ini menunjukkan momentum aliran yang ditambahkan dari penyekatan lebih mampu melawan gaya gesek dari permukaan kontur. Dari kejadian itu maka timbullah gaya angkat yang disebabkan perbedaan tekanan antara sisi atas dengan sisi bawah airfoil. Hal ini sekaligus memperkuat hasil pengukuran C_D dan C_L .

Perubahan nilai C_P pada $\alpha = 10^0$

➤ Perubahan C_P tanpa skat

Pada gambar 7 tampak sebelum menggunakan skat titik separasi terjadi di sekitar 54% Chord, pada permukaan atas sedangkan pada permukaan bawah aliran diperlambat pada awal masuk sisi bawah airfoil sehingga tekanannya naik lalu aliran kembali dipercepat tetapi titik koefisien tekanan minimum masih diatas koefisien tekanan minimum sisi atas sehingga terjadilah perbedaan tekanan sisi atas dan sisi bawah yang bisa menghasilkan *lift*.

Pada permukaan bagian atas titik koefisien tekanan minimum terjadi disekitar 9% chord, Kemudian bergerak ke belakang aliran mengalami penurunan kecepatan. Tetapi aliran masih mampu mengatasi gaya gesek dari permukaan. Hingga pada daerah sekitar 54% Chord aliran mulai terseparasi dimana hal ini ditandai dengan harga C_P yang mulai relatif konstan, yang berarti momentum yang ada sudah tidak mampu lagi mengatasi gaya gesek dan adverse pressure gradient yang semakin besar.



Gambar 7. Perubahan nilai C_P terhadap x/c ($\alpha = 10^0$)

➤ Perubahan C_P dengan penambahan skat bagian atas

Dengan penambahan skat pada bagian atas ternyata membuat tekanan minimum di permukaan atas semakin turun kebawah. Sedangkan pada permukaan bawah relatif tidak berubah. Pada $t/h=1$ ini titik separasi terjadi di daerah jarak chord yang hampir sama dengan tanpa skat tetapi dengan tekanan yang lebih kecil. Sehingga disinilah terjadi peningkatan *lift* dibanding dengan tanpa skat.

Untuk $t/h=1,25$ titik koefisien tekanan minimum lebih kebawah sehingga tekanan minimum yang dihasilkan lebih kecil dibanding dengan tanpa skat. Jika dibandingkan dengan $t/h=1$ tekanan minimumnya lebih tinggi tetapi pressure gradiennya lebih landai

sehingga bisa dikatakan lebih sedikit kehilangan kecepatan yang disebabkan kontraksi aliran pada kondisi masukan antar skat dan gaya gesek pada dinding-dinding skat. Sedangkan pada permukaan bawah relatif tidak berubah. Pada $t/h=1.25$ titik separasi terjadi di daerah jarak chord yang hampir sama dengan tanpa skat dan $t/h=1$ tetapi dengan tekanan yang lebih kecil. Sehingga disinilah terjadi peningkatan *lift* dibanding dengan keduanya.

Untuk $t/h=1,5$ titik koefisien tekanan minimum lebih kebawah lagi sehingga tekanan minimum yang dihasilkan lebih kecil dibanding dengan tanpa skat, $t/h=1$ dan $t/h=1,25$. Pada $t/h=1,5$ titik separasi terjadi di daerah jarak chord yang lebih mundur dibanding dengan tanpa skat, $t/h=1$ dan $t/h=1,25$. Sehingga disinilah terjadi perbedaan tekanan terbesar antara sisi atas dengan sisi bawah airfoil yang bisa menghasilkan *lift* paling besar. Hal ini sekaligus juga memperkuat hasil pengukuran C_D dan C_L .

Perubahan nilai C_P pada $\alpha = 12^\circ$

➤ Perubahan C_P tanpa skat

Pada gambar 8 tampak sebelum menggunakan skat titik separasi terjadi di sekitar 52% Chord, pada permukaan atas sedangkan pada permukaan bawah aliran diperlambat pada awal masuk sisi bawah airfoil sehingga tekanannya naik dan disekitar 9% chord aliran kembali dipercepat tetapi titik koefisien tekanan minimum masih diatas koefisien tekanan minimum sisi atas sehingga terjadilah perbedaan tekanan sisi atas dan sisi bawah yang bisa menghasilkan *lift*. *Lift* yang dihasilkan lebih besar dibandingkan sudut serang 0° dan 10° , hal ini dikarenakan titik koefisien minimum sisi atas lebih ke bawah yang berarti tekanan pada permukaan atas lebih kecil.

Pada permukaan bagian atas titik koefisien tekanan minimum terjadi disekitar 9% chord, Kemudian bergerak ke belakang aliran mengalami penurunan kecepatan. Tetapi aliran masih mampu mengatasi gaya gesek dari permukaan yang ditambah gradien tekanan yang positif. Tetapi pada daerah sekitar 52% Chord aliran mulai terseparasi dimana hal ini ditandai dengan harga C_P yang cenderung mulai konstan. Hal ini berarti momentum yang ada sudah tidak mampu lagi mengatasi gaya gesek dan adverse pressure gradient yang semakin besar.

➤ Perubahan C_P dengan penambahan skat bagian atas.

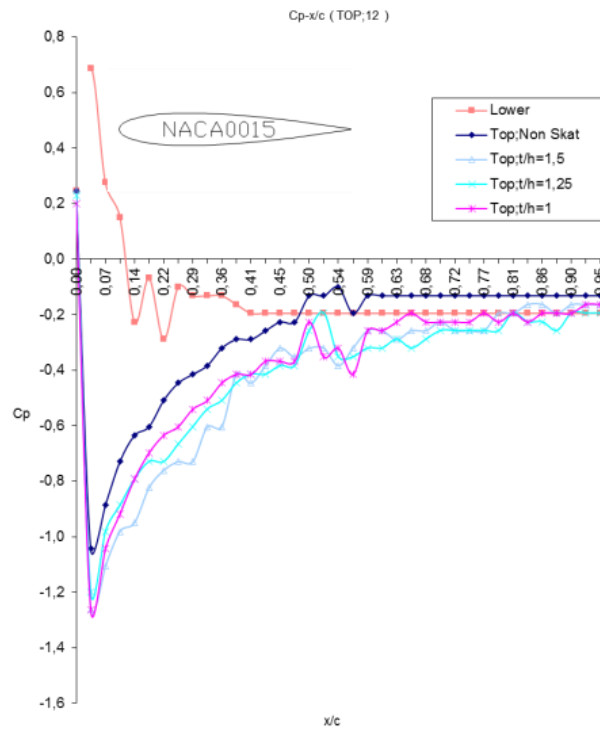
Dengan penambahan skat pada bagian atas ternyata membuat tekanan minimum di permukaan atas semakin turun kebawah ini menunjukkan adanya akselerasi aliran dengan adanya penambahan skat. Sedangkan pada permukaan bawah relatif tidak berubah. Pada $t/h=1$ titik separasi terjadi sedikit mundur ke belakang dibandingkan dengan tanpa skat tetapi dengan tekanan yang lebih kecil.

Untuk $t/h=1,25$ titik koefisien tekanan minimum lebih kebawah sehingga tekanan minimum yang dihasilkan lebih kecil dibanding dengan tanpa skat. Jika dibandingkan dengan $t/h=1$ tekanan minimumnya lebih tinggi tetapi pressure gradiennya lebih landai sehingga bisa dikatakan lebih sedikit kehilangan kecepatan yang disebabkan kontraksi aliran pada kondisi masukan antar skat dan gaya gesek pada dinding-dinding skat. Sedangkan pada permukaan bawah relatif tidak berubah.

Untuk $t/h=1,5$ titik koefisien tekanan minimum yang terjadi hampir sama dengan $t/h=1$. tetapi pressure gradiennya lebih landai sehingga bisa dikatakan lebih sedikit kehilangan kecepatan yang disebabkan kontraksi aliran pada kondisi masukan antar skat dan gaya gesek pada dinding-dinding skat. Sedangkan pada permukaan bawah relatif tidak berubah. Pada $t/h=1,5$ titik separasi terjadi di daerah jarak chord yang lebih mundur.

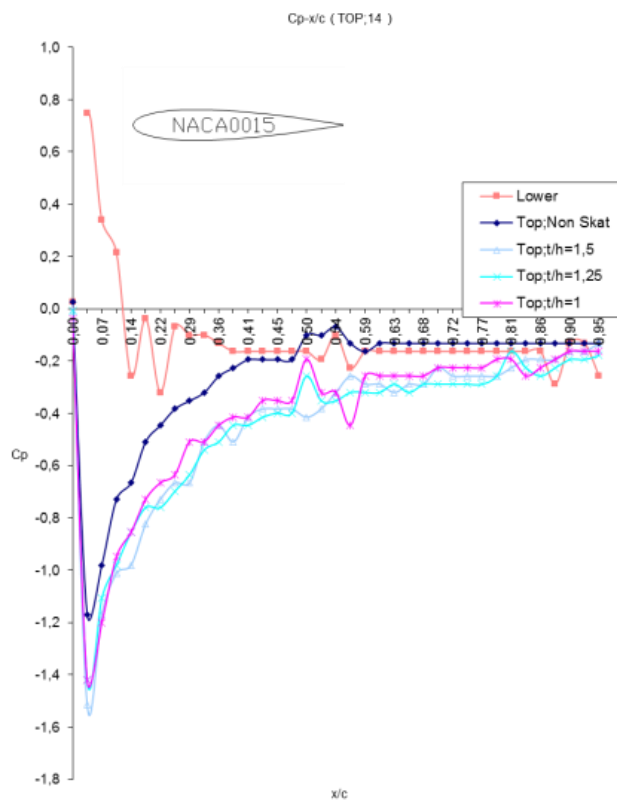
Dari grafik diatas tampak dengan penambahan skat terjadi penurunan koefisien tekanan minimum ini berarti ada akselerasi aliran sehingga momentum aliran yang menyebabkan perbedaan tekanan sisi atas dengan sisi bawah semakin besar sehingga *lift*

yang dihasilkan semakin besar pula. Hal ini juga untuk memperkuat hasil pengukuran C_D dan C_L .



Gambar 8. Perubahan nilai C_P terhadap x/c ($\alpha = 12^\circ$)

Perubahan nilai C_P pada $\alpha = 14^\circ$



Gambar 9. Perubahan nilai C_P terhadap x/c ($\alpha = 14^\circ$)

➤ Perubahan C_P tanpa skat

Pada gambar 9 tampak sebelum menggunakan skat titik separasi terjadi di sekitar 43% Chord, pada permukaan atas sedangkan pada permukaan bawah aliran diperlambat pada awal masuk sisi bawah airfoil sehingga tekanannya naik dan disekitar 9% chord aliran kembali dipercepat tetapi titik koefisien tekanan minimum masih diatas koefisien tekanan minimum sisi atas sehingga terjadilah perbedaan tekanan sisi atas dan sisi bawah yang bisa menghasilkan *lift*. *Lift* yang dihasilkan lebih besar dibandingkan sudut serang 0° , 10° dan 12° hal ini dikarenakan titik koefisien minimum sisi atas lebih ke bawah, yang berarti tekanan pada permukaan atas lebih kecil.

Pada permukaan bagian atas titik koefisien tekanan minimum terjadi disekitar 9% chord, Kemudian bergerak ke belakang aliran mengalami penurunan kecepatan. Tetapi aliran masih mampu mengatasi gaya gesek dari permukaan. Tetapi pada daerah sekitar 4.3% Chord aliran mulai terseparasi dimana hal ini ditandai dengan Harga koefisien tekanan yang cenderung mulai konstan. Hal ini berarti momentum yang ada sudah tidak mampu lagi mengatasi gaya gesek dan adverse pressure gradient yang semakin besar.

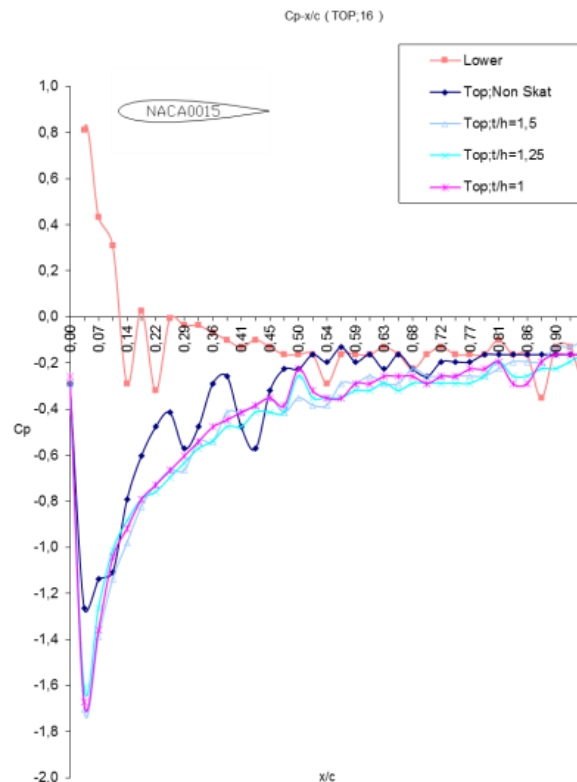
➤ Perubahan C_P dengan penambahan skat bagian atas

Dengan penambahan skat pada bagian atas ternyata membuat tekanan minimum di permukaan atas semakin turun kebawah. Sedangkan pada permukaan bawah relatif tidak berubah. Pada $t/h=1$ titik separasi terjadi agak mundur ke belakang dibanding dengan tanpa skat dan dengan tekanan yang lebih kecil.

Untuk $t/h=1,25$ titik koefisien tekanan minimum lebih kebawah sehingga tekanan minimum yang dihasilkan lebih kecil dibanding dengan tanpa skat. Jika dibandingkan dengan $t/h=1$ tekanan minimumnya hampir sama tetapi pressure gradiennya lebih landai sehingga bisa dikatakan lebih sedikit kehilangan kecepatan yang disebabkan kontraksi aliran pada kondisi masukan antar skat dan gaya gesek pada dinding-dinding skat. Sedangkan pada permukaan bawah relatif tidak berubah. Pada $t/h=1,25$ titik separasi terjadi agak mundur ke belakang dibanding dengan tanpa skat selain itu dengan tekanan yang lebih kecil.

Untuk $t/h=1,5$ titik koefisien tekanan minimum lebih kebawah lagi sehingga tekanan minimum yang dihasilkan lebih kecil dibanding dengan tanpa skat, $t/h=1$ dan $t/h=1,25$. Sedangkan pada permukaan bawah relatif tidak berubah. Pada $t/h=1,5$ titik separasi terjadi di daerah jarak chord yang lebih mundur dibanding dengan tanpa skat. Dari grafik diatas tampak dengan penambahan skat terjadi penurunan koefisien tekanan minimum ini berarti ada akselerasi aliran sehingga momentum aliran yang menyebabkan perbedaan tekanan sisi atas dengan sisi bawah semakin besar sehingga *lift* yang dihasilkan semakin besar pula. Hal ini juga sebagai penunjang hasil pengukuran C_D dan C_L

Perubahan nilai C_P pada $\alpha = 16^\circ$



Gambar 10. Perubahan nilai C_P terhadap x/c ($\alpha = 16^\circ$)

➤ Perubahan C_P tanpa skat

Pada gambar tampak pada permukaan atas sebelum menggunakan skat pada awal sisi atas airfoil aliran mulai tidak teratur, Hal ini mungkin disebabkan adanya vortek yang timbul karena aliran tidak mampu melawan skin friction dan kontur airfoil dengan sudut serang yang terlalu besar. Sedangkan pada permukaan bawah aliran diperlambat pada awal masuk sisi bawah airfoil sehingga tekanannya naik dan disekitar 9% chord aliran kembali dipercepat tetapi titik koefisien tekanan minimum masih diatas koefisien tekanan minimum sisi atas sehingga terjadilah perbedaan tekanan sisi atas dan sisi bawah yang bisa menghasilkan *lift* walaupun tidak bisa maksimum. *Lift* yang dihasilkan lebih besar dibandingkan sudut serang 0° , 10° dan 12° tetapi lebih kecil dari 14° .

➤ Perubahan C_P dengan penambahan skat bagian atas

Dari grafik terlihat bahwa distribusi C_P sepanjang cord lebih teratur, ini membuktikan bahwa Dengan penambahan skat pada bagian atas ternyata selain membuat tekanan minimum di permukaan atas semakin turun kebawah juga dapat mencegah vortek pada awal sisi atas airfoil, sehingga *lift* maksimum yang dihasilkan lebih besar.

Dari ketiga variasi jarak skat tampak distribusi harga C_P hampir saling berimpit, baik koefisien tekanan minimum maupun titik separasi. Sehingga kenaikan *lift* dari ketiga variasi jarak skat tidak jauh berbeda.

SIMPULAN

Dari analisa aliran fluida pada profil NACA0015 berskat bagian atas dengan variasi perbandingan jarak skat dengan tinggi skat, maka dapat disimpulkan:

1. Penambahan skat pada sisi atas dapat memberikan akselerasi aliran sehingga lebih mampu melawan gaya gesek dan adverse pressure gradient. Dengan demikian distribusi tekanan sepanjang chord lebih teratur dan terjadi peningkatan *lift*.

2. Penambahan skat pada sisi atas profil NACA0015 dengan Reynolds number $2,27 \cdot 10^6$ dan perbandingan jarak antar skat terhadap tinggi skat (t/h) 1,5; 1,25; 1, terbukti dapat meningkatkan *lift* tetapi peningkatan *lift* tersebut diikuti pula dengan peningkatan drag.
3. Besarnya peningkatan *lift* dan *drag* yang dihasilkan tergantung dari perbandingan antara jarak skat dengan tinggi skat (t/h). Pada t/h yang terlalu kecil *lift* yang dihasilkan kecil dan drag yang dihasilkan besar.
4. Penambahan skat pada sisi atas airfoil NACA0015 dengan Reynolds number $2,27 \cdot 10^6$ dan perbandingan jarak antar skat terhadap tinggi skat (t/h) 1,5; 1,25; 1, terbukti dapat meningkatkan kinerja sayap (C_L/C_D).
5. Penambahan skat pada sisi atas airfoil NACA0015 dengan Reynolds number $2,27 \cdot 10^6$ dan perbandingan jarak antar skat terhadap tinggi skat (t/h) 1,5; 1,25; 1, juga terbukti membuat stall terjadi pada sudut serang yang lebih besar (diatas 14°).

Dari kesimpulan diatas dapat dikatakan aliran fluida yang memasuki lorong-lorong skat diindikasikan dipengaruhi oleh aliran yang berkontraksi yang disebabkan oleh gaya gesek di permukaan dinding skat. Disinilah fenomena aliran tiga dimensi terjadi pada kasus diatas.

DAFTAR PUSTAKA

- Clancy, L. J, "*Aerodynamics*", Pitman Publishing, London, 1978.
- Schlichting and Truckenbrodt, "*Aerodynamics of the Airplane* ", McGraw-Hill Book Company, New York, 1979.
- Fox, Robert W., Mc Donald, Alan T, "*Introduction to Fluid Mechanics*", 4th edition, John Willey and Sons, Inc, 1994.
- Anderson, John D., Jr, "*Fundamental of Aerodynamics*", 2nd edition, Mc Grow-Hill Book Company, New York, 1985.
- Schlichting, H, "*Boundary Layer Theory*", 4th edition, Mc Grow-Hill Book Company, New York, 1979.
- Thwaites, B., "*Approximate Calculations of The Laminar Boundary Layer*", Aero. Quart, Vol. 1. 1949
- Head, M. R. and Patel, V. C., "*Improved Entrainment Method for Calculation Turbulent Boundary Layer Development*", ARC RM 3643., 1969
- Abbott, Ira H. and Von Doenhoff, Albert E., "*Theory of Wing Sections*", Dover Publications, Inc, New York., 1956
- Kuethe, Arnold M. and Chow, Chuen-Yen, "*Foundations of Aerodynamics*", 4th edition, John Wiley & Sons, Canada, 1986.