

PENGARUH PENAMBAHAN *GLOVE* DAN PENGURANGAN *YEHUDI* SERTA PERGESERAN LOKASI *APEX* TERHADAP KARAKTERISTIK AERODINAMIKA SAYAP PESAWAT TERBANG

I G.N. Sudira

Spesialis Aero Tools & Method

e-mail: sudiraigh@yahoo.com, sudira@indonesian-aerospace.com

Diterima 26 September 2011; Disetujui 29 November 2011

ABSTRACT

Success indicator in airplane design process is depended on success or not in wing design process. Wing design process was supported by many design variable and the final result was compromise one from many scientific science or specialist. The first step in airplane wing design after design requirement & objective (DR&O) was defined, is determining wing planform through parametric study. Parametric study was conducted to make sure that all design parameters have been considered especially for aerodynamic and structural aspect.

This paper discusses the influence of glove and yehudi changes and also apex location movement with respect to aerodynamic characteristic of the wing. Additional of the glove was intended to compensate yehudi existent due to structural aspect mainly for landing gear placement. Disadvantage of aerodynamics aspect due to yehudi existent is expected will be overcome by additional of glove. Apex location is also important parameter to control the shape of pressure coefficient of wing profile. Apex location can be moved according to sensitivity of designer to achieve design target. For the whole, it can be said that glove and yehudi and also apex location can be isolated its influence to major variable design namely to wing profile pressure distribution. The computer program used in this analysis is integration of the program for wing geometry generation, paneling process and computational fluid dynamic code (CFD), in this case VSAERO, and by author it is called NWDU.

Keywords: *NWDU, VSAERO, Glove, Yehudi, Apex*

ABSTRAK

Dalam proses perancangan pesawat terbang, kunci keberhasilannya terletak pada keberhasilan dalam merancang komponen sayapnya. Proses tersebut melibatkan banyak variabel dan merupakan hasil kompromi dari berbagai disiplin ilmu. Langkah awal perancangan sayap pesawat terbang setelah DR&O ditetapkan adalah menentukan bentuk permukaan sayap yang dikenal dengan istilah *planform*. Dalam menentukan *planform* ini dilakukan parametrik studi untuk memastikan bahwa *planform* yang dibuat sudah mempertimbangan seluruh aspek perancangan pesawat terbang terutama menyangkut kepentingan aerodinamika dan struktur.

Dalam tulisan ini disampaikan pengaruh perubahan *glove* dan *yehudi* serta pergeseran lokasi *apex* terhadap karakteristik aerodinamika sayap pesawat terbang. Penambahan *glove* dilakukan untuk kompensasi penambahan *yehudi* pada sayap yang semata-mata dilakukan atas dasar pertimbangan struktur akibat penambahan area di daerah pangkal bagian belakang sayap. Penambahan area pada pangkal bagian belakang sayap biasanya digunakan untuk kepentingan penempatan *landing gear*. Kerugian dari aspek aerodinamika akibat penambahan *yehudi* tersebut diharapkan akan dinetralisir

dengan adanya penambahan *glove* pada pangkal bagian depan sayap. Lokasi *apex* juga memegang peranan penting bagi pengaturan bentuk distribusi tekanan profil sayap yang berupa *aerofoil*. Lokasi *apex* dapat digeser sesuai pemahaman desain para perancang untuk memenuhi target perancangan yang dikehendaki. Secara keseluruhan dapat dikatakan bahwa perubahan *glove* dan *yehudi* serta pergeseran lokasi *apex* dapat diisolasi pengaruhnya ke dalam suatu variabel signifikan yaitu adanya perubahan bentuk distribusi tekanan profil sayap terutama pada bagian puncaknya. Program computer yang digunakan dalam analisa ini adalah gabungan antara program *Geometry Generation* dan *VSAERO* yang telah dikembangkan oleh penulis dinamai Nusantara *Wing Design Utility* (NWDU).

Kata kunci: NWDU, VSAERO, *Glove*, *Yehudi*, *Apex*

1 PENDAHULUAN

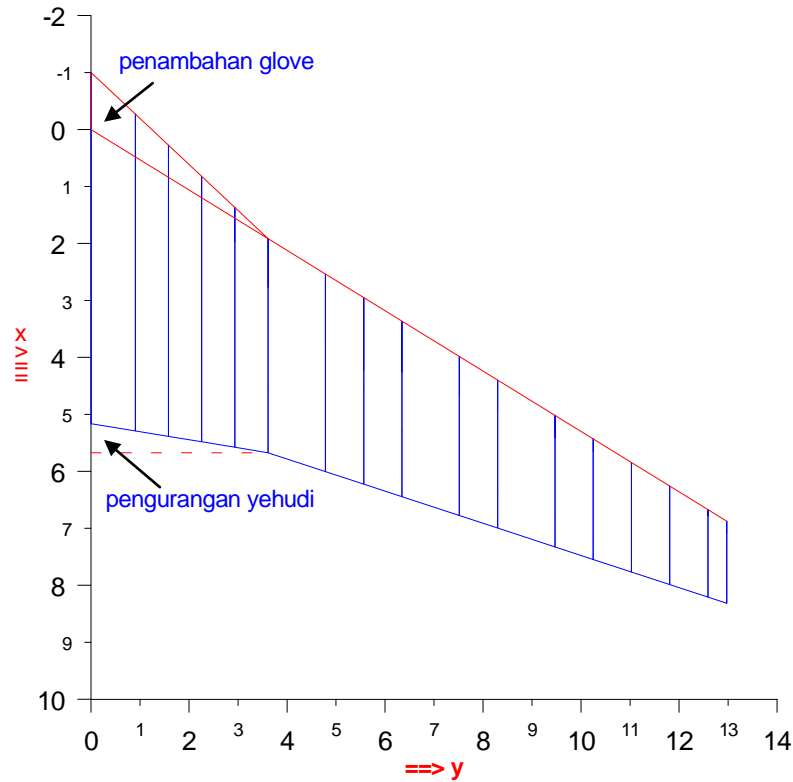
1.1 Latar Belakang

Dalam konfigurasi pesawat terbang, sayap adalah komponen yang penting karena padanya tertumpu hampir seluruh beban yang ada sehingga sayap merupakan penentu utama prestasi pesawat terbang. Keberhasilan dalam proses perancangan pesawat terbang sangat ditentukan oleh keberhasilan dalam merancang sayapnya. Karena begitu kompleksnya proses perancangan sayap maka memerlukan iterasi yang panjang dan melibatkan berbagai disiplin ilmu serta variabel perancangan yang banyak.

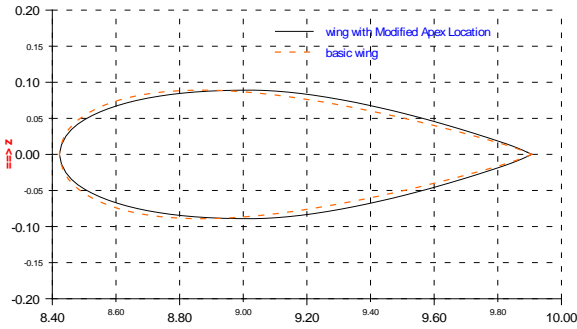
Dari sekian banyak variabel perancangan sayap pesawat terbang yang ada perlu dilakukan pemilahan berdasarkan pengaruhnya yang dominan terhadap karakteristik aerodinamika. Tiga variabel perancangan sayap pesawat terbang yaitu *glove*, *yehudi* dan lokasi *apex*, analisis aerodinamikanya akan disampaikan dalam laporan ini. Penambahan *Yehudi* sepenuhnya dipersyaratkan oleh kepentingan struktur yaitu biasanya untuk tambahan area peletakan *landing gear*. Untuk mengimbangi kemungkinan terseretnya puncak tekanan ke belakang akibat adanya tambahan *Yehudi* maka perlu diimbangi dengan penambahan *Glove* yang letaknya berlawanan dengan *Yehudi*. *Yehudi* adalah tambahan luasan di pangkal sayap bagian

belakang, sedangkan *Glove* adalah tambahan luasan di pangkal sayap bagian depan, seperti dapat dilihat pada Gambar 1-1.

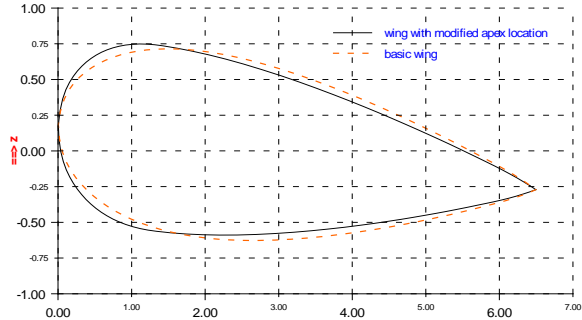
Dalam kasus ini terlihat jelas bahwa proses perancangan sayap pesawat terbang merupakan hasil kompromi beberapa aspek desain yaitu dalam hal ini kepentingan aerodinamika dan struktur. Dari aspek struktur, keuntungan signifikan dapat diperoleh karena *bending moment* yang besar di bagian pangkal sayap dapat diatasi dengan adanya *Yehudi* dan *Glove*. Perkiraan adanya kerugian dari segi aerodinamika akibat adanya *Yehudi* diatasi dengan penambahan *Glove*. Adanya penambahan *Glove* sudah tentu menguntungkan juga dari segi luasan penempatan sistem. Lokasi *apex* penting untuk diperhatikan mengingat hasil yang diperoleh dengan pengaturan luasan *Glove* dan *Yehudi* belum tentu dapat memenuhi hasil optimum yang dipersyaratkan oleh bidang aerodinamika. Pergeseran lokasi *apex* akan menyebabkan adanya perubahan bentuk distribusi tekanan pada profil sayap, terutama menyangkut lokasi puncak-puncak distribusi tekanan yang dihasilkan. Gambar 1-2a memberikan visualisasi pergeseran lokasi Apex kondisi profil sayap *un-twisted*, sementara pada Gambar 1.2b untuk kondisi profil sayap *twisted*.



Gambar 1-1: Penambahan *glove* dan pengurangan *yehudi* pada *basic wing*



Gambar 1-2a: Contoh visualisasi pergeseran lokasi *Apex* profil sayap kondisi *Un-Twisted*



Gambar 1-2b: Contoh visualisasi pergeseran lokasi *Apex* profil Sayap kondisi *Twisted*

1.2 Rumusan Masalah

Variabel perancangan sayap pesawat terbang yang begitu banyak, dipilah-pilah sesuai dengan dampaknya yang dominan terhadap perubahan karakteristik aerodinamika sayap. Perubahan bentuk *planform* akibat adanya *Yehudi* dan *Glove* akan dianalisa pengaruhnya terhadap bentuk distribusi tekanan profil sayap terutama nilai-nilai puncak dari tekanan tersebut yang nantinya

berpengaruh terhadap terjadinya *stall* terlalu dini/cepat.

Perubahan profil sayap dengan melakukan pergeseran lokasi *Apex* di daerah pangkal dan ujung sayap dimaksudkan untuk memberikan tambahan variabel pengatur bentuk distribusi tekanan profil sayap untuk mengantisipasi kurang optimumnya hasil yang dapat diberikan oleh keberadaan *Glove* dan *Yehudi*.

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan dari tulisan ini adalah untuk menyampaikan potensi solusi atas keberadaan *yehudi* yang dipersyaratkan keberadaannya oleh kepentingan aspek struktur, dimana memiliki potensi merugikan jika ditinjau dari aspek aerodinamika. Tambahan *glove* dan pergeseran lokasi *apex* diharapkan menjadi solusi kompromi antara kepentingan struktur dan aerodinamika. Tentu saja hasil yang disajikan di sini bukan merupakan hasil optimisasi tetapi lebih kepada memberikan gambaran kecenderungan arah hasil ditinjau dari aspek aerodinamika akibat pemenuhan kepentingan aspek struktur.

2 METODE DESAIN DAN ANALISA

Untuk merancang dan menganalisa aerodinamika sayap pesawat terbang dalam kasus ini, dilakukan dengan menggunakan alat bantu program NWDU (Sertifikat Copy Right Nomor: 022963, 30 Agustus 2002). Program NWDU adalah gabungan program komputer yang berfungsi untuk membuat geometri sayap pesawat terbang, proses *panelling* dan program *Computational Fluid Dynamic* (CFD) yang dalam hal ini VSAERO. Nusantara Wing Design Utility (NWDU) dibuat oleh penulis dalam rangka mempercepat proses perancangan sayap pesawat terbang dari aspek aerodinamika. CATIA yang biasanya digunakan untuk membuat permukaan sayap (*wing surface*) pesawat terbang untuk kepentingan aerodinamika, diganti dengan NWDU sehingga prosesnya menjadi cepat dan efisien dari segi SDM dan juga dari segi perangkat keras pendukung. Seorang spesialis aerodinamika dapat berinovasi dengan leluasa untuk mengubah geometri sayap pesawat terbang sesuai pengalaman dan sensitifitas pribadinya untuk menghasilkan bentuk sayap yang sesuai tanpa harus ketergantungan dengan spesialis gambar

CATIA. Dengan demikian seorang spesialis aerodinamika dapat dengan cepat menghasilkan konfigurasi sayap pesawat terbang lengkap dengan hasil analisa aerodinamikanya. Pengalaman menunjukkan bahwa satu konfigurasi sayap pesawat terbang kondisi *Cruise* dapat dibuat lengkap dengan hasil analisa aerodinamikanya menggunakan NWDU dalam durasi waktu detik. Dengan menggunakan CATIA untuk membuat geometri sayap sebelum akhirnya dibuat panel-panel koordinat masukan program CFD VSAERO, membutuhkan durasi waktu dalam jam. Perlu diketahui bahwa proses *panelling* dan pembuatan permukaan sayap dengan CATIA adalah pekerjaan yang melelahkan bagi para spesialis. Makin banyak konfigurasi yang dibuat tingkat kejenuhan para spesialis makin besar sehingga waktu penyelesaiannya juga makin lama. NWDU menjadi solusi atas permasalahan ini karena sekali *running* maka akan menghasilkan geometri sayap lengkap dengan hasil karakteristik aerodinamikanya. Yang penting juga diperhatikan adalah masalah konsistensi hasil geometri dan panel *input* VSAERO yang dicapai. NWDU memberikan hasil yang konsisten karena tidak ada campur tangan pengguna NWDU dalam proses pembuatan geometri, *panelling*, dan analisisnya dengan VSAERO. Berbeda dengan menggunakan CATIA, dimana ketrampilan pengguna menentukan hasil yang diperoleh, termasuk juga ketrampilan dalam proses *panelling*.

3 KONFIGURASI SAYAP

Dalam studi ini digunakan bentuk *planform* yang agak kompleks yang biasanya diaplikasikan untuk pesawat-pesawat besar kecepatan tinggi seperti Boeing 737 atau N2130 yang pernah dikembangkan oleh PTDI sampai status *preliminary design*. Walaupun kondisi terbang jelajah kecepatannya tinggi, untuk kepentingan proses *off design* maka

analisa kecepatan rendah tetap harus dilakukan.

Aerofoil yang digunakan adalah jenis *supercritical* yaitu SC20712 yang diposisikan pada daerah aliran quasi dua dimensi yaitu daerah *outboard*, sedangkan daerah *inboard* digunakan *aerofoil* yang dikembangkan khusus yaitu W3H2. Parameter *planform basic wing* menyangkut nilai luasan sayap, aspek ratio (AR), taper ratio (TR), sudut *sweep*, dan lokasi *kink* dapat dilihat pada daftar di bawah ini. *Kink* adalah patahan sisi *trailing edge* antara *inboard* dan *outboard*, dimana ke arah pangkal sayap akan membentuk *yehudi*.

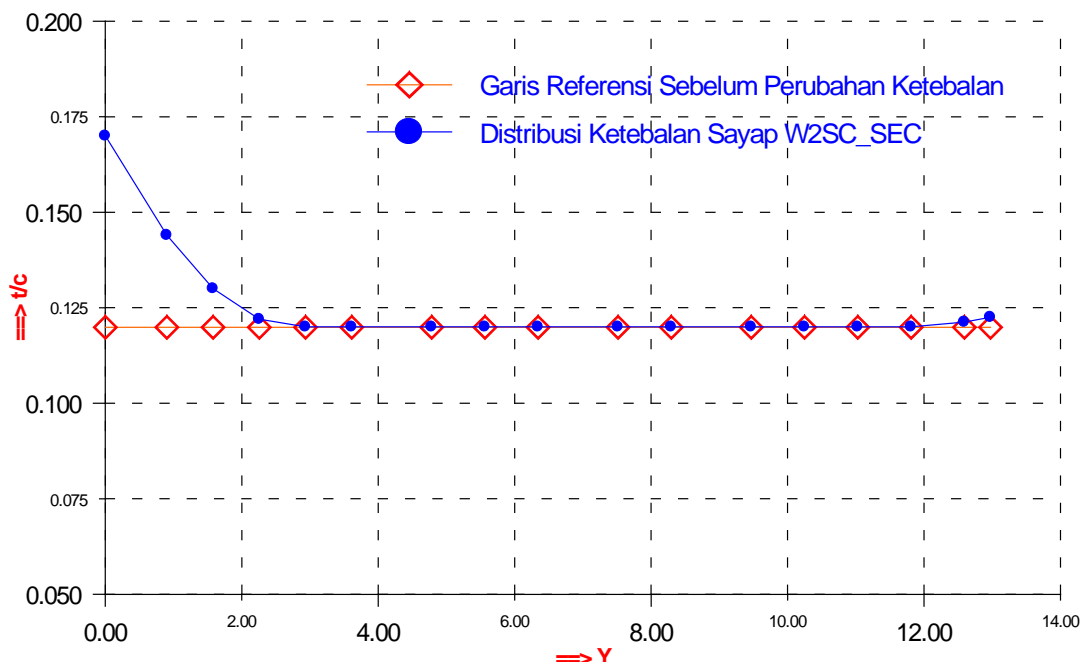
Berikut ini disampaikan tiga konfigurasi sayap yaitu W2SC_SEC sebagai *Basic Wing*, W2SC_GY, dan W2SC_Apex, yang masing-masing memiliki ciri-ciri sebagaimana diterangkan di bawah ini.

W2SC_SEC (Basic Wing)

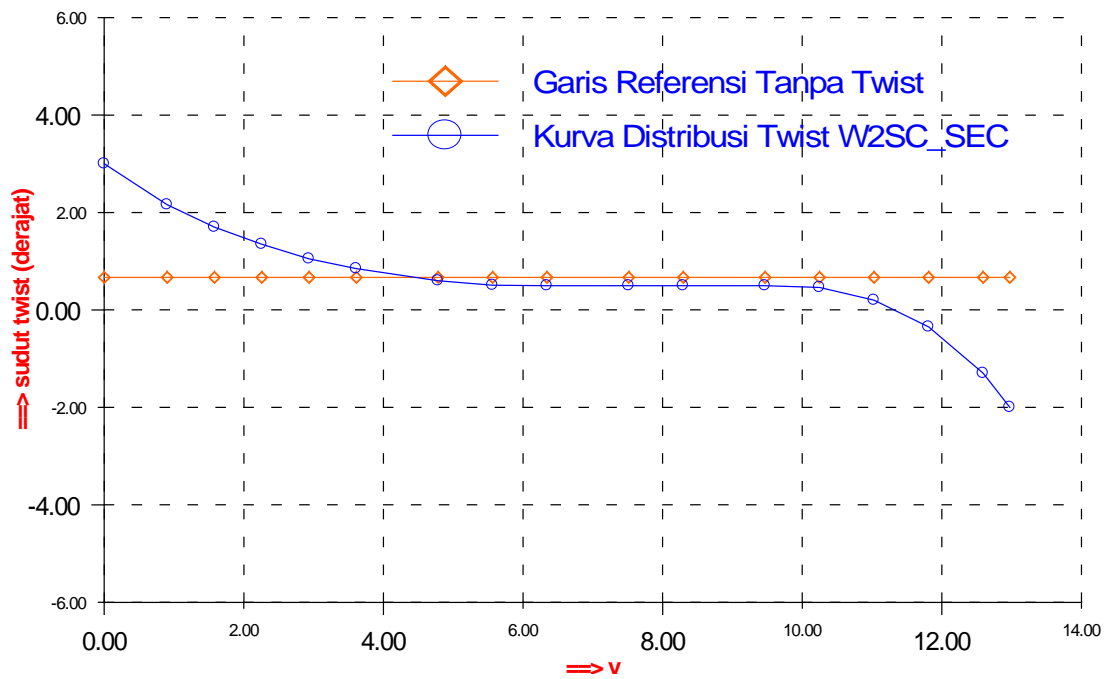
Profil : SC20712 (di daerah *outboard*, dari setelah *kink* sampai tip)
 W3H2 (di daerah *inboard*, dari *root* sampai *kink*)

Planform : Luas ; 82.789 m²
 AR ; 8.13
 TR ; 0.31
 Sudut Sweep ; 25°
 Lokasi *kink* ; 3.611 m (dari *root wing*)

Distribusi ketebalan sayap dan distribusi *twist* masing-masing dapat dilihat pada Gambar 3-1 dan Gambar 3-2. Distribusi ketebalan profil sayap di daerah *inboard* lebih tebal dari pada daerah *outboard* karena untuk mengatasi adanya *bending moment* yang besar. Di ujung sayap ketebalannya juga dinaikkan untuk memenuhi kebutuhan ruang penempatan sistem. Distribusi *twist* berupa kurva dengan nilai positif 2.5 derajat di pangkal sayap dan nilai negatif 2 derajat di ujung sayap. Hal ini dimaksudkan untuk meningkatkan gaya angkat di daerah *inboard*, sementara di daerah *outboard* dijaga jangan sampai terjadi *stall* terlalu dini sebelum sudut serang maksimum dicapai.



Gambar 3-1: Distribusi ketebalan sayap W2SC_SEC ;



Gambar 3-2: Distribusi *twist* sayap W2SC_SEC

W2SC_GY

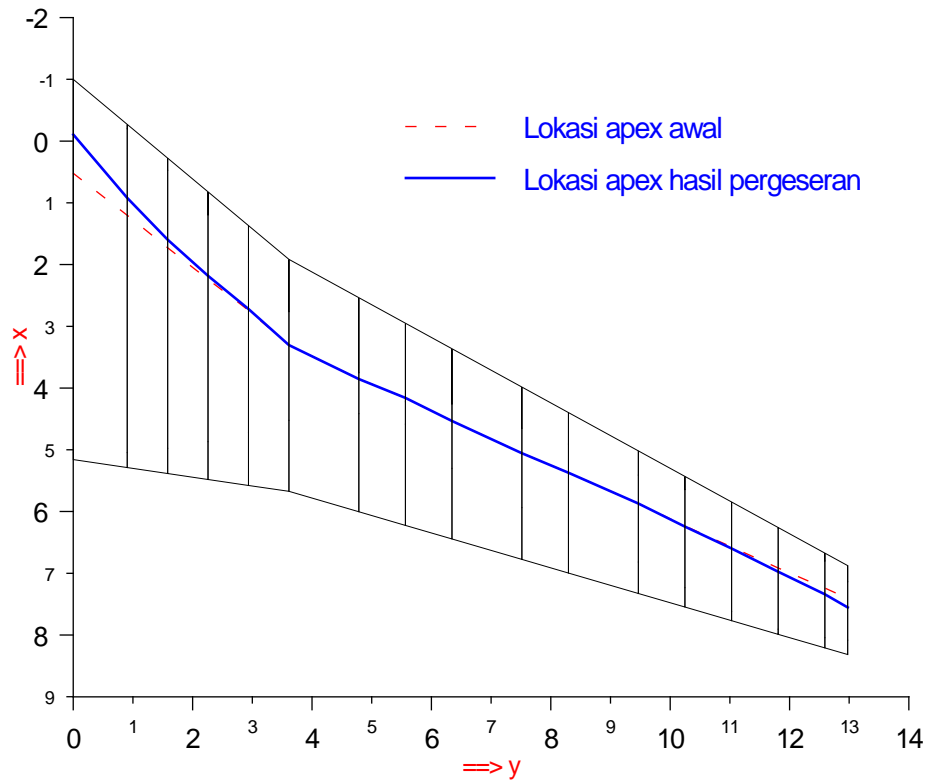
Konfigurasi sayap ini adalah hasil perubahan W2SC_SEC (*basic wing*) pada bagian pangkalnya. Koordinat *trailing edge* dari pangkal sayap sampai *kink* semula membentuk garis yang tegak lurus sumbu *fuselage*, sedangkan sayap W2SC_GY merupakan hasil perubahan dimana luasan yehudi dikurangi dan ditambah *glove* pada pangkal depan sayap W2SC_SEC tersebut. Ini semua untuk memberikan hasil kompromi antara kepentingan struktur dan aerodinamika.

Bentuk *planform* akibat perubahan luasan yehudi dan penambahan *glove* ini dapat dilihat pada Gambar 1-1.

W2SC_Apex

Konfigurasi sayap ini adalah hasil dari pergeseran koordinat puncak-puncak profil (*apex*) sayap W2SC_GY dimana pada Gambar 1-2a dan 1-2b di atas telah digambarkan dua contoh *aerofoil* atau profil sayap yang mengalami perubahan bentuk setelah adanya pergeseran koordinat *apex* tersebut. Akibat pergeseran *apex* ini bentuk *planform* tidak berubah. Yang berubah adalah bentuk profil sayap sepanjang bentangan sayap dimana lokasi *apex*nya mengalami pergeseran.

Distribusi pergeseran lokasi *apex* sepanjang bentangan sayap dapat dilihat pada Gambar 3-3. Di daerah *inboard* lokasi *apex* digeser ke arah depan, sementara di daerah ujung sayap lokasi *apex* nya digeser ke arah belakang.



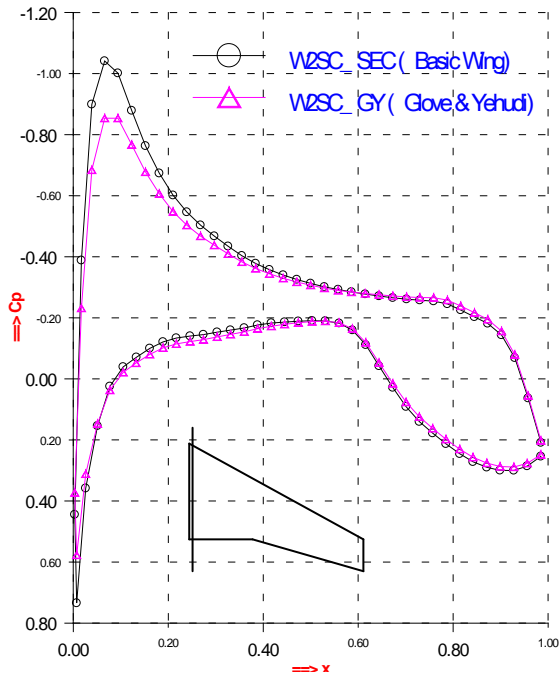
Gambar 3-3: Bentuk *planform* dan perubahan lokasi Apex sayap W2SC_GY (menjadi sayap W2SC_Apex)

4 HASIL DAN ANALISA

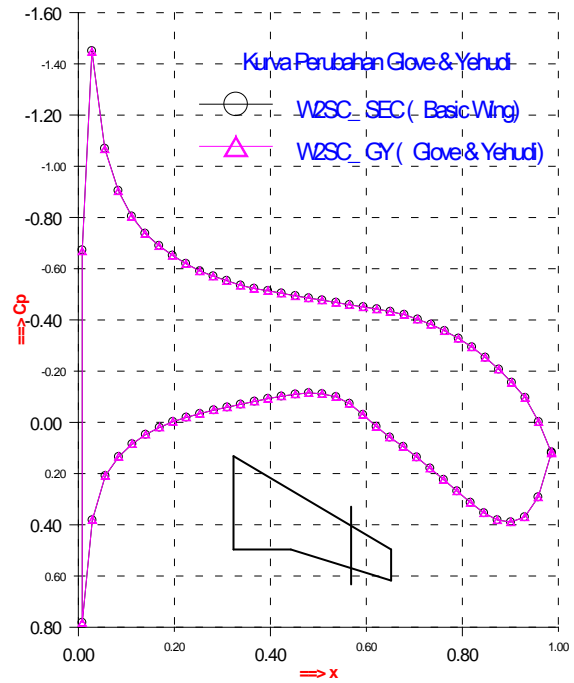
4.1 Perbandingan Hasil W2SC_SEC dan W2SC_GY

Gambar 4-1a sampai dengan Gambar 4-1d menunjukkan distribusi koefisien tekanan yang diambil pada lokasi $2y/b$ bernilai masing-masing 0.03, 0.32, 0.68, dan 0.99 sepanjang bentangan sayap. Pada gambar ini dibandingkan koefisien tekanan yang diperoleh dari *basic wing* dengan koefisien tekanan yang diperoleh dari W2SC_GY yang mengalami penambahan *glove* dan pengurangan luasan *yehudi*. Dengan adanya pengurangan area *yehudi* dan penambahan *glove* memberikan perubahan distribusi koefisien tekanan secara signifikan terutama pada daerah pangkal sayap mulai dari *root* sampai dengan *kink*. Ini konsisten dengan perubahan geometri atau bentuk *planform* dimana perubahan terbesar terjadi pada *root* (Gambar 4-1a), sementara perubahan-

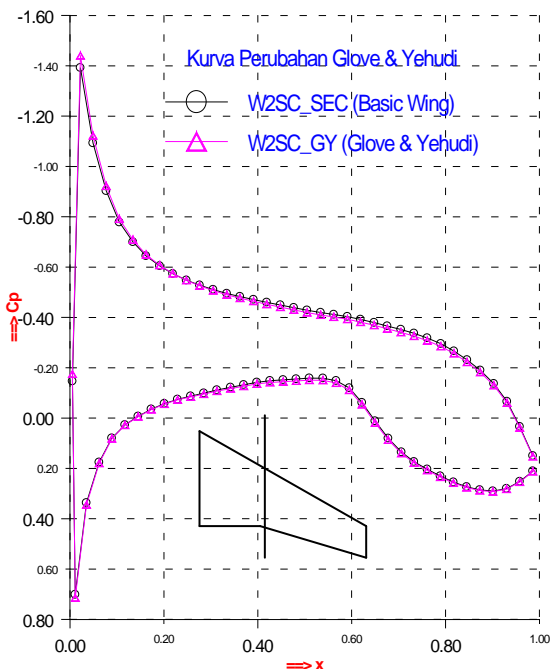
nya semakin mengecil menuju ke arah *kink* yang menjadi batas akhir pengurangan luasan *yehudi* dan penambahan *glove* sepanjang bentangan sayap. Penambahan *glove* dan pengurangan luasan *yehudi* memberikan hasil yang seiring menuju pengurangan nilai puncak koefisien tekanan pada pangkal sayap. Distribusi koefisien tekanan sepanjang bentangan sayap memberikan pemahaman kepada kita bahwa perubahan koefisien tekanan terlokalisir hanya pada daerah yang mengalami perubahan bentuk *planform* akibat pengurangan luasan *yehudi* dan penambahan *glove*. Hasil ini mempermudah analisa kita karena tidak ada aliran tiga dimensi yang signifikan yang berpengaruh terhadap distribusi koefisien tekanan sepanjang bentangan sayap akibat dari penambahan *glove* dan pengurangan luasan *yehudi*. Daerah *outboard* betul-betul terhindar dari pengaruh penambahan *glove* dan pengurangan luasan *yehudi*.



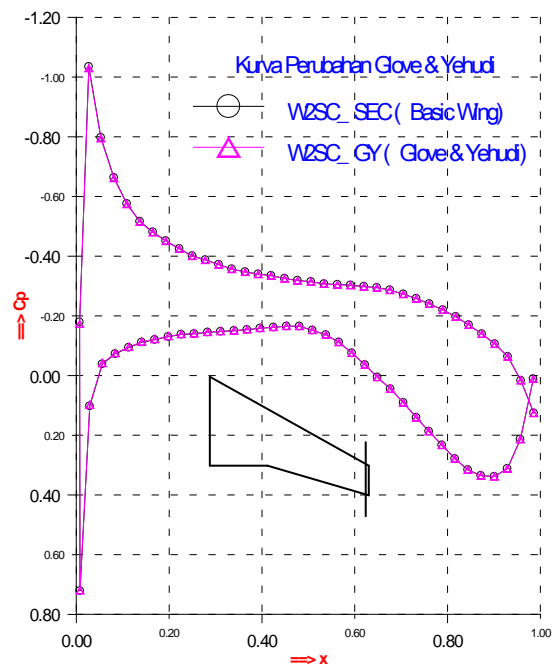
Gambar 4-1a: Pengaruh penambahan *glove* dan pengurangan *yehudi* sayap W2SC_SEC terhadap distribusi Cp, CL=0,5 deg., 2y/b=0,03



Gambar 4-1c: Pengaruh penambahan *glove* dan pengurangan *yehudi* sayap W2SC_SEC terhadap distribusi Cp, CL=0,5 deg., 2y/b=0,68

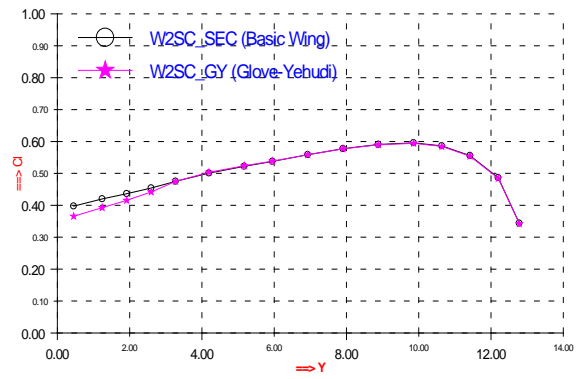


Gambar 4-1b: Pengaruh penambahan *glove* dan pengurangan *yehudi* sayap W2SC_SEC terhadap distribusi Cp, CL=0,5 deg., 2y/b=0,32

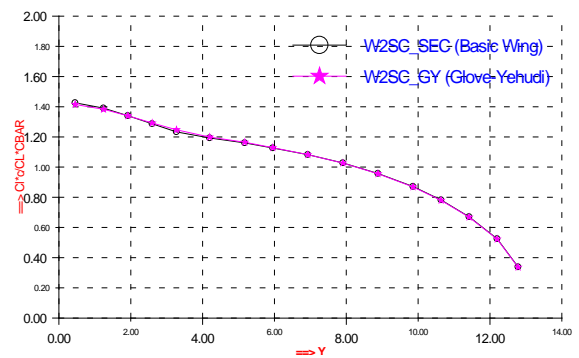


Gambar 4-1d: Pengaruh penambahan *glove* dan pengurangan *yehudi* sayap W2SC_SEC terhadap distribusi Cp, CL=0,5 deg., 2y/b=0,99

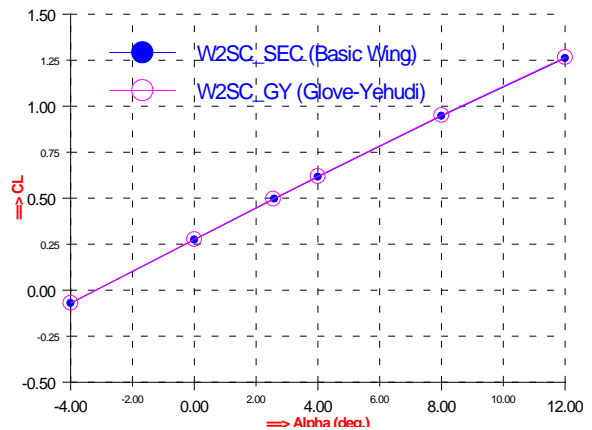
Gambar 4-1e menunjukkan distribusi koefisien gaya angkat (Cl) dan Gambar 4-1f menunjukkan distribusi beban aerodinamika sayap/*aerodynamic load* ($Cl \cdot c / CL \cdot C_{avg}$). Huruf c adalah menyatakan panjang tali busur tiap profil sayap, CL adalah koefisien gaya angkat total, dan C_{avg} adalah panjang tali busur rata-rata. Distribusi koefisien gaya angkat menunjukkan hasil yang konsisten seperti yang diberikan oleh koefisien tekanan. Perubahan distribusi koefisien gaya angkat terlokalisir hanya di daerah *inboard* dimana terjadi perubahan geometri sayap. Di daerah *outboard* tidak mengalami perubahan distribusi koefisien gaya angkat. Penurunan nilai koefisien gaya angkat di daerah *inboard* akibat penambahan *glove* dan pengurangan luasan *yehudi* mengikuti penurunan luasan koefisien tekanan profil sayap, dan ini sesuai dengan teori bahwa koefisien gaya angkat merupakan integrasi dari luasan koefisien tekanan. Penambahan *glove* dan pengurangan luasan *yehudi* tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap beban aerodinamika sayap sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 4-1f. Kurva CL Vs Alpha yang dihasilkan oleh konfigurasi W2SC_SEC dan W2SC_GY menunjukkan hasil yang hampir sama, seperti tampak pada Gambar 4-1g. Ini sesuai dengan harapan bahwa penambahan *glove* dan pengurangan *yehudi* lebih ditekankan untuk mendapatkan jalan kompromi antara kepentingan struktur dan kepentingan aerodinamika. Luasan *yehudinya* dikurangi sedikit sehingga tidak memerlukan penambahan *glove* yang terlalu banyak untuk mengimbangnya. Hasil yang konsisten juga ditunjukkan oleh nilai *induced drag* (CD_i), dimana kedua konfigurasi ini memberikan hasil yang hampir sama. Hal ini sesuai dengan teori bahwa *induced drag* berhubungan langsung dengan besarnya nilai koefisien gaya angkat.



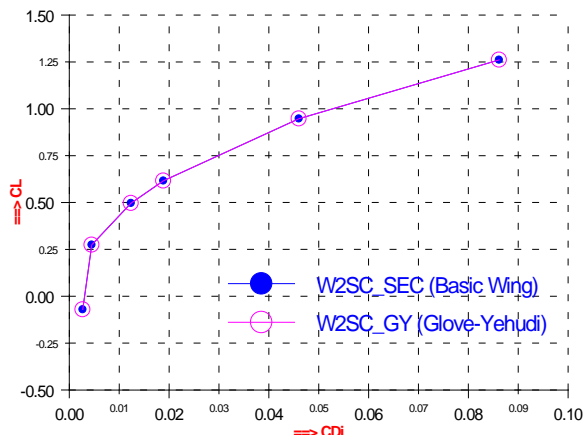
Gambar 4-1e: Pengaruh penambahan *glove* dan pengurangan *yehudi* sayap W2SC_SEC terhadap distribusi Cl, CL=0,5



Gambar 4-1f: Pengaruh penambahan *glove* dan pengurangan *yehudi* sayap W2SC_SEC terhadap distribusi *spanload*, CL=0,5



Gambar 4-1g: Pengaruh penambahan *glove* dan pengurangan *yehudi* sayap W2SC_SEC terhadap distribusi kurva CL VS alpha

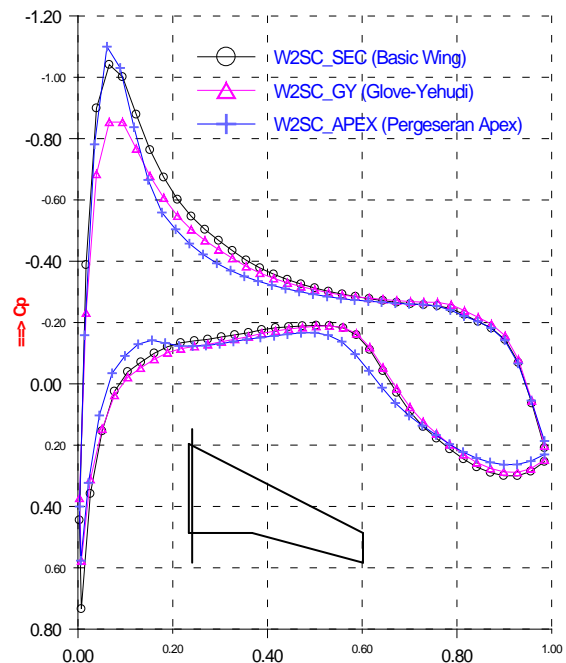


Gambar 4-1h: Pengaruh penambahan *glove* dan pengurangan *yehudi* sayap W2SC_SEC terhadap kurva CL VS CDi

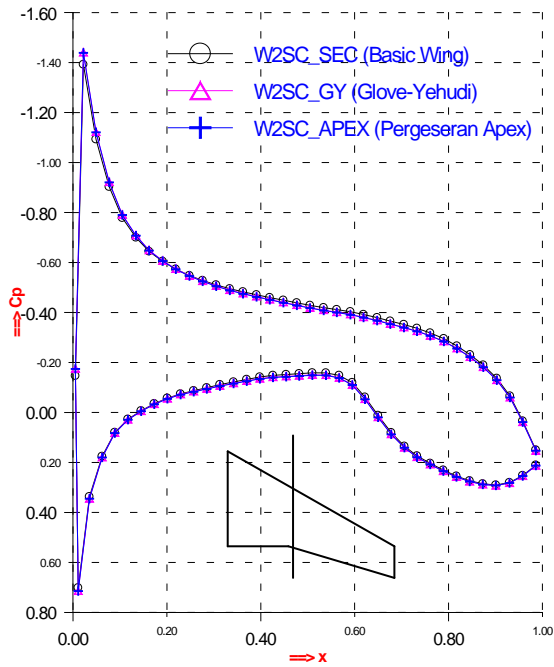
Adanya *yehudi* cenderung menyebabkan puncak tekanan profil sayap bergeser ke belakang yang dapat menyebabkan terjadinya gelombang kejut yang kuat pada kondisi kecepatan tinggi. Pengaruh *yehudi* ini perlu diimbangi dengan cara penambahan *glove* yang letaknya berlawanan dengan posisi *yehudi* yaitu pada pangkal sayap bagian depan. Penambahan *glove* diusahakan se-sedikit mungkin dengan konsekuensi bahwa luasan *yehudi* juga dibuat se-sedikit mungkin. Karena luasan *yehudi* sepenuhnya dipersyaratkan oleh kepentingan struktur untuk penempatan *landing gear*, maka pilihan luasan *glove* pun tidak begitu leluasa karena aspek aerodinamika tidak boleh dikorbankan.

Studi pergeseran lokasi *apex* ini hanyalah memberikan gambaran bahwa ke arah mana kecenderungan hasil jika lokasi *apex* digeser ke depan maupun ke belakang. Hasil ini penting supaya para perancang sayap memiliki petunjuk ketika melakukan proses optimisasi. Pergeseran lokasi *apex* ke depan berakibat bergesernya puncak tekanan profil sayap ke depan. Begitu juga sebaliknya, pergeseran lokasi *apex* ke belakang berakibat bergesernya puncak tekanan profil sayap ke belakang. Fenomena ini

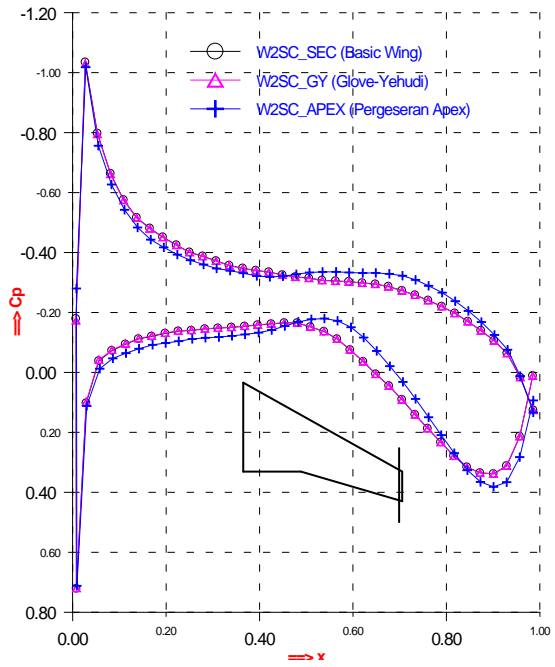
dengan jelas dapat kita lihat pada Gambar 4-2a dan Gambar 4-2d, dimana pada daerah *inboard* lokasi *apex* digeser ke depan sedangkan di daerah ujung sayap lokasi *apex* digeser ke belakang. Di daerah yang tidak mengalami pergeseran lokasi *apex* koefisien tekanannya tidak mengalami perubahan yang signifikan. Ini berarti bahwa aliran tiga dimensi (*three dimensional flow*) tidak begitu kuat mempengaruhi distribusi tekanan profil sayap sepanjang bentangnya. Hasil menarik juga ditunjukkan bahwa pengurangan ketinggian puncak tekanan akibat perubahan luasan *yehudi* dan penambahan *glove*, setelah lokasi *apex*-nya digeser ke depan pada daerah *inboard* mengakibatkan ketinggian puncak tekanannya kembali seperti yang dihasilkan oleh *basic wing*. Ini tentu merupakan petunjuk penting bagaimana sensitifitas pergeseran lokasi *apex* terhadap koefisien tekanan yang dihasilkan.



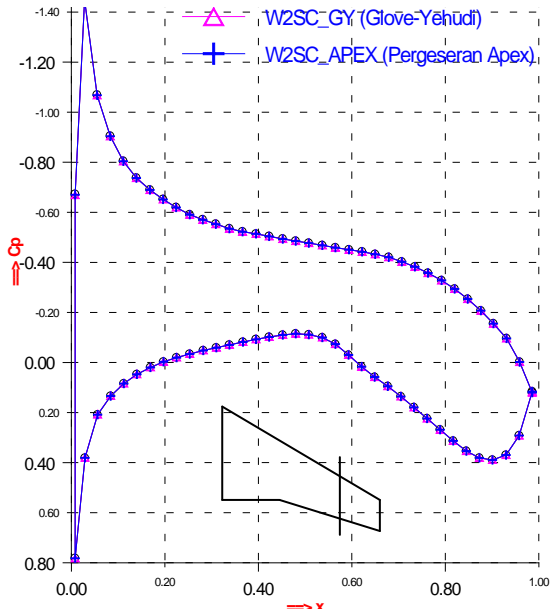
Gambar 4-2a: Pengaruh perubahan lokasi *apex* sayap W2SC_GY terhadap distribusi Cp, CL= 0,5 deg., 2y/b= 0,03



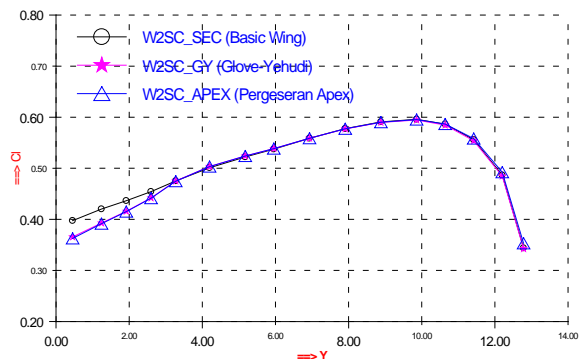
Gambar 4-2b: Pengaruh perubahan lokasi apex sayap W2SC_GY terhadap distribusi Cp, CL= 0,5 deg., $2y/b= 0,32$



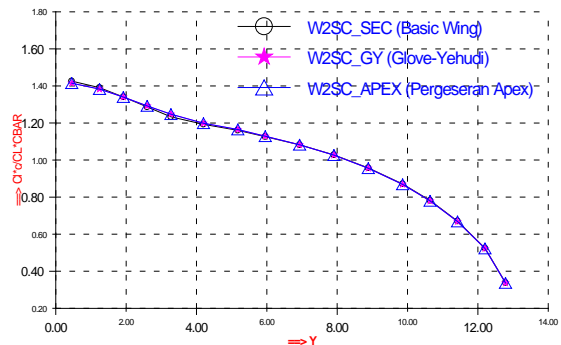
Gambar 4-2d: Pengaruh perubahan lokasi apex sayap W2SC_GY terhadap distribusi Cp, CL= 0,5 deg., $2y/b= 0,99$



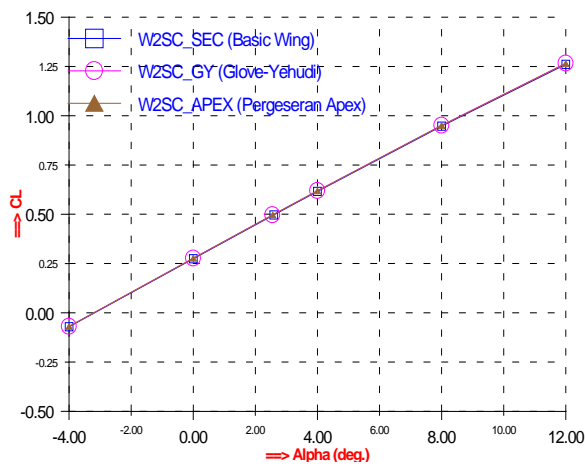
Gambar 4-2c: Pengaruh perubahan lokasi apex sayap W2SC_GY terhadap distribusi Cp, CL= 0,5 deg., $2y/b= 0,68$



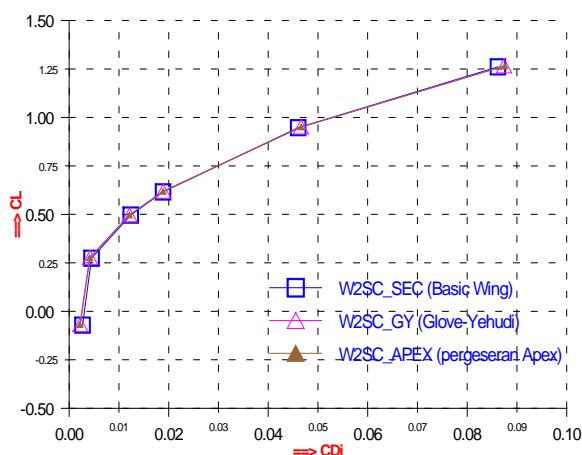
Gambar 4-2e: Pengaruh perubahan lokasi apex sayap W2SC_GY terhadap distribusi Cl, CL= 0,5



Gambar 4-2f: Pengaruh perubahan lokasi apex sayap W2SC_GY terhadap distribusi spanload, CL= 0,5



Gambar 4-2g: Pengaruh perubahan lokasi apex sayap W2SC_GY terhadap kurva CL VS alpha



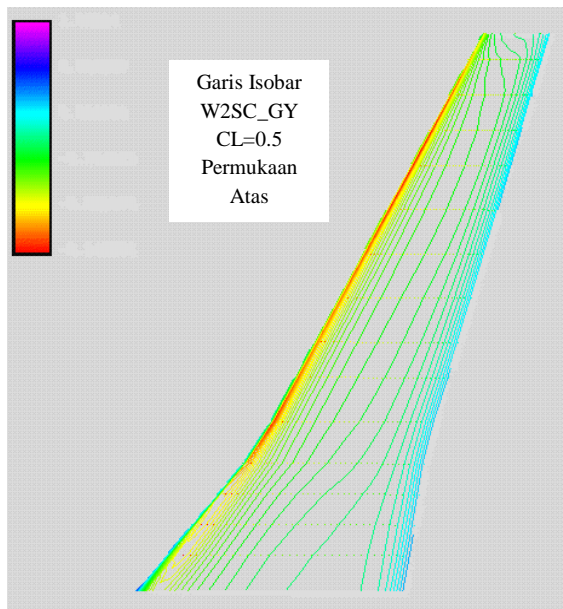
Gambar 4-2h: Pengaruh perubahan lokasi apex sayap W2SC_GY terhadap kurva CL VS CDi

Distribusi koefisien gaya angkat yang dihasilkan setelah terjadinya pergeseran lokasi apex tidak memberikan perubahan yang signifikan terhadap koefisien gaya angkat sayap W2SC GY, seperti terlihat pada Gambar 4-2e. Walaupun bentuk koefisien tekanan berubah, dan juga ketinggian puncak koefisien tekanan meningkat setelah terjadi pergeseran lokasi apex, tetapi luasan yang dihasilkan oleh koefisien tekanan profil sayap W2SC Apex hampir sama dengan luasan yang dihasilkan oleh koefisien tekanan profil sayap W2SC GY.

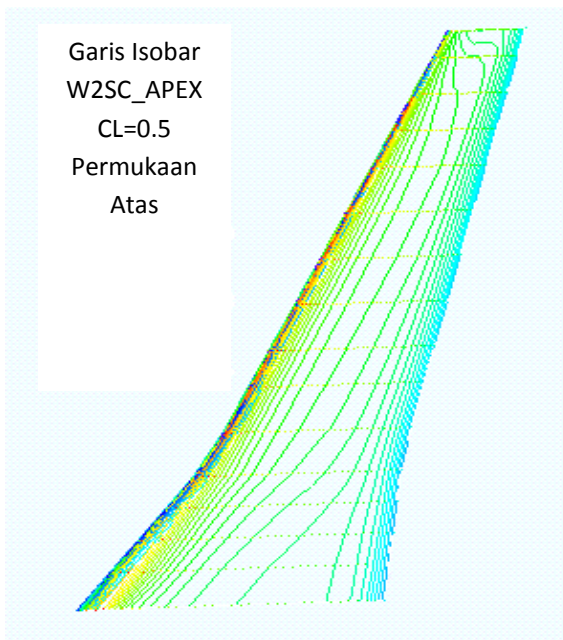
Hasil ini menjadi catatan menarik bahwa pergeseran lokasi apex tidak memiliki tujuan utama untuk meningkatkan nilai koefisien gaya angkat tetapi lebih kepada pengaturan bentuk koefisien tekanan supaya dapat mengantisipasi terjadinya stall atau mengusahakan bentuk garis isobar menjadi lurus sepanjang bentangan sayap.

Distribusi beban aerodinamika, kurva Cl Vs Alpha, dan distribusi nilai induced drag tidak mengalami perubahan berarti setelah terjadinya pergeseran lokasi apex. Ini konsisten dengan harapan bahwa perubahan bentuk planform dengan adanya yehudi dan glove, serta pergeseran lokasi apex merupakan parameter yang serupa yaitu untuk mengatur bentuk koefisien tekanan dengan tanpa mengubah beban aerodinamika yang dihasilkan. Nilai induced drag berhubungan langsung dengan nilai koefisien gaya angkat, dengan demikian maka hasil yang hampir sama diberikan oleh sayap W2SC_GY dan W2SC_Apex menjadi catatan menarik, seperti tampak pada Gambar 4-2h.

Garis isobar adalah garis yang dihubungkan melalui tekanan yang sama sepanjang bentangan sayap. Garis isobar ini dapat memberikan petunjuk kepada spesialis aerodinamika tentang pola aliran dan juga prediksi lokasi permulaan terjadinya separasi aliran. Garis isobar yang baik jika setiap garis yang terbentuk sepanjang bentangan sayap memiliki persentase yang sama terhadap panjang tali busur. Pada daerah outboard, Gambar 4-2i dan 4-2j menunjukkan hasil yang sesuai harapan. Pada daerah inboard masih perlu dilakukan optimisasi untuk mendapat garis isobar yang baik.



Gambar 4-2i: Garis Isobar Permukaan Atas Sayap W2SC_GY



Gambar 4-2j: Garis Isobar Permukaan Atas Sayap W2SC_Apex

5 KESIMPULAN

- Adanya perubahan luasan *yehudi* dan penambahan *glove* di daerah *inboard* sayap memberikan perubahan koefisien tekanan dan gaya angkat yang terlokalisir hanya di daerah *inboard* saja, sedangkan di daerah *outboard* tidak terpengaruh,
- Pengaruh pergeseran lokasi *apex* di daerah *inboard* dan daerah ujung sayap

memberikan perubahan yang signifikan terhadap koefisien tekanan sepanjang bentangan sayap. Makin besar pergeseran lokasi *apex* maka pengaruh perubahannya semakin besar pula,

- Nilai kecenderungan koefisien tekanan dan gaya angkat yang dihasilkan akibat perubahan bentuk *planform* pada daerah *inboard* dan akibat pergeseran lokasi *apex* di daerah *inboard* dan ujung sayap dapat memberikan petunjuk kepada kita ketika melakukan optimisasi karakteristik aerodinamika dengan batasan kepentingan struktur,
- Garis *isobar* di daerah *outboard* cenderung lurus kecuali daerah sempit di ujung sayap, sementara di daerah *inboard* masih perlu optimisasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Atas sumbangsih dan peran sertanya sesuai kompetensi masing-masing, kami sampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada rekan Suprayitno (Seno) dan Wawan Hermawan yang telah berusaha maksimal mencurahkan kemampuannya dalam mendukung pengembangan NWDU. Semoga hasil karya ini bermanfaat bagi semua pihak yang berkepentingan dalam proses desain sayap pesawat terbang.

DAFTAR RUJUKAN

- Gillete W.B., McIntosh, *Aircraft Configuration Synthesis Part II: Aerodynamics*, The Boeing Company Seattle, WA, Edition 3.
- Harris Charles D., *NASA Supercritical Airfoil*, Langley Research Center Hampton, Virginia, NASA Technical Paper 2969.
- Laban M., Boerstool J.W., *Exploratory Aerodynamic Analysis of Two Transport Aircraft Wing/Body Configurations* (IPTN Wings W3G and W3H2), NLR Contract Report CR 97572L, 971117.

- Sudira IG.N., 1996. *Aspect Ratio and Taper Study*, Technical Reports, NB-T500-TR-960501, June 7, 1996.
- Sudira IG.N., 2001. *Aerodynamics Wing Design Utility Program*, Tesis Magister Program Studi Teknik Penerbangan Program Pasca Sarjana Institut Teknologi Bandung.
- Sudira IG.N., Hermawan W., *Nusantara Wing Design Utility (NWDU)*, Version 1, PT. IPTN, RR-B1104.
- Sudira IG.N., Hermawan W., Triyantono S., Heriyansyah, 1996. *The Influence of Kink Location, Aspect Ratio and Taper Ratio to Aerodynamics Characteristic*, Coordination Memo N2130 Program, NB-T500-COM-960903, 17 September 1996.
- Sudira IG.N., Wawan H., Mursid M., Bambang S., Heri P., 1999. *Penerapan NWDU Dalam Pembentukan Wing Surface Pada Paket Aplikasi ICAD*, Proceedings Seminar Nasional ASA Indonesi, Volume 1, Nomor 1, Juli 1999.
- Sudira IG.N., *Wing Twist Definition, N2130 Program*, Technical Note, NB-T500-TN-960402.
- Thibert J.J., Mialon B., 1996. *Transport Aircraft Aerodynamics*, IPTN Bandung Course, Onera-Chatillon (France), May 20th – 24th 1996.
- VSAERO, 1992. *A Computer Program for Calculating the Nonlinear Aerodynamic Characteristics of Arbitrary Configurations*, USERS' MANUAL, Revision E.2, Oktober 1992.