

**PERBANDINGAN GAYA PROPULSI TERHADAP BERAT PADA PROTOTIPE KAPAL  
BERSAYAP A2C TIPE B KONFIGURASI LIPPISCH SAAT HYDRO PLANING**  
**THE THRUST PER WEIGHT RATIO OF WING IN GROUND EFFECT CRAFT A2C PROTO-  
TYPE B TYPE LIPPISCH CONFIGURATION DURING HYDRO PLANING**

Sayuti Syamsuar

Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi

Jl. MH Thamrin No. 8, Jakarta Pusat

[email: sayuti.syamsuar@bppt.go.id](mailto:sayuti.syamsuar@bppt.go.id)/[sayutisyamsuar@yahoo.com](mailto:sayutisyamsuar@yahoo.com)

Diterima: 6 November 2014, Revisi 1: 26 November 2014, Revisi 2: 5 Desember 2014, Disetujui: 16 Desember 2014

**ABSTRAK**

Permasalahan kelebihan berat menjadi hal yang perlu mendapat perhatian serius saat fabrikasi suatu prototipe Kapal Bersayap di industri material komposit. Untuk prototipe Kapal Bersayap baru A2C kapasitas (1 - 2) orang tipe B dan konfigurasi *Lippisch* dengan sayap *reverse delta* dan airfoil Clark-Y untuk mengetahui keseimbangan gaya-gaya pada *hydro planing* pada sumbu Benda. Perbandingan *Thrust* per Berat sekitar (2 : 5) digunakan pada prototipe Kapal Bersayap baru A2C kapasitas (1 - 2) orang. Analisis yang digunakan, prosedur pengambilan data dari gaya-gaya melalui perhitungan teoritik dan pengukuran menggunakan alat ukur di laboratorium, adalah untuk mengetahui besarnya gaya hambat hidrodinamika yang berpusat pada titik pusat *buoyance*, gaya angkat aerodinamika pada titik pusat tekanan sayap, gaya Propulsi dan gaya berat pada titik pusat gravitasi di tata acuan koordinat sumbu Benda. Sehingga diperoleh hasil akhir bahwa prototipe Kapal Bersayap A2C layak terbang hanya dengan 1 Pilot.

**Kata kunci:** kelebihan berat, *lippisch*, *reverse delta*, clark y, perbandingan *thrust per weight*, pilot

**ABSTRACT**

*The overweight problem was found on the Wing In Surface Effect craft prototype during fabrication in composite material industry. For the new Wing In Ground effect craft (1 - 2) seaters prototype B type and Lippisch configuration with reverse delta wing and Clark-Y airfoil during hydro planing are to know the forces equilibrium on the body axis. The Thrust per Weight ratio around (2 : 5) had been used on the Wing in Ground Effect-craft (1 - 2) seaters A2C prototype. The analysis data, measurement and analysis procedure were to know the forces acting on the body axis of craft such as the hump drags on the centre of buoyancy, the aerodynamic lift at the wing centre of pressure, the thrust of propulsion and weight at the centre of gravity position. And then, from the last results we found that the A2C Wing In Surface craft prototype is approved to flight with 1 Pilot only.*

**Keywords:** ground effect, *lippisch* configuration, center of buoyancy, reverse delta wing, clark y airfoil

**PENDAHULUAN**

Latar belakang dibangunnya kembali prototipe Kapal Bersayap A2C tipe B yang baru selesai pembangunannya pada tahun 2012 diharapkan dapat mengudara dengan baik pada tahun

tahun berikutnya adalah untuk memperbaiki konstruksi pembangunan prototipe Kapal Bersayap A2B tipe B yang kelebihan berat pada bagian ekor. Pesawat tidak berada pada titik keseimbangan setiap saat ketika berakselerasi

di permukaan air. Pengalaman sebelumnya terhadap prototipe Kapal Bersayap A2A kapasitas (1 - 2) orang tipe B dengan sayap *reverse delta* (segitiga terbalik) adalah terjadinya kelebihan berat total pesawat saat produksi prototipe. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui lebih awal besarnya gaya-gaya dan momen-momen akibat adanya gaya Propulsi, berat, gaya angkat aerodinamika dan gaya hambat *hidrodinamika* yang bekerja pada masing-masing titik tangkap gaya. Gaya berat, di titik pusat gravitasi, *c.g*, gaya angkat aerodinamika di titik pusat tekanan, *c.p* dan gaya hambat hidrodinamika di titik pusat *buoyance*, *c.b* pada tata acuan koordinat sumbu benda dari kapal bersayap.

Pergerakan wahana terbang diamati mulai dari keadaan diam sampai dengan berakselerasi pada kecepatan 25 *knots*. Permasalahan-permasalahan yang sering dialami di lapangan, antara lain adalah kelebihan berat, tidak tepatnya letak titik pusat gravitasi, *c.g* dan kekurangan gaya Propulsi, serta masalah kekuatan struktur yang tidak kuat akibat *Aspect Ratio*, *AR* dari sayap yang kecil.

## TINJAUAN PUSTAKA

Pada perkembangan teknologi efek permukaan dalam dua dasawarsa terakhir, fenomena efek permukaan dapat terjadi akibat adanya fenomena aerodinamika pada sayap, sehingga sayap dengan konfigurasi *Lippisch* akan menimbulkan efek permukaan dalam bentuk bantalan udara dinamik. Konsep ini berbeda dengan sayap empat persegi panjang (*rectangular*). Konfigurasi *Lippisch* dipilih dengan tujuan untuk mengurangi terjadinya *vortex* pada bagian ujung luar sayap, sehingga gaya hambat aerodinamika induksi menjadi berkurang. Fenomena efek permukaan pada sayap *rectangular*, terlihat pada aliran udara bergerak sepanjang lebar dan tebal sayap sampai dengan ujung sayap luar (*wingtip*). Pada bagian ujung luar sayap sayap terlihat komplikasi tersebut, dimana tekanan udara tinggi berasal dari permukaan bawah sayap bertemu dengan aliran udara dari permukaan atas sayap sepanjang ujung luar sayap membentuk *vortex* (ulakan).

Pada udara bebas, *wingtip* mempunyai ruang gerak yang lebih leluasa dari pada ketinggian efek permukaan, hal ini disebabkan *Aspect Ratio*, *AR* pada fenomena efek permukaan jauh lebih besar dari pada kondisi udara bebas yang memperhitungkan geometri sayap saja. Metoda *Savitsky* merupakan dasar dari perhitungan gaya-gaya hidrodinamika yang bekerja pada kapal pada kecepatan tinggi, seperti pada speed boat sehingga diketahui gaya angkat hidrodinamika dan gaya hambat hidrodinamika berdasarkan *power* yang diberikan. Hal ini disampaikan oleh (Priyanto et al, 2012). Pada penelitian ini, gaya angkat hidrodinamika pada *hull* dan kedua *pon-toon* dianggap kecil, sehingga dapat diabaikan (S.Syamsuar, 2013). Pada gambar 1 terlihat proses terjadinya *wingtip vortex* pada peristiwa udara bebas, dekat dengan permukaan tanah dan di daerah permukaan pengaruh permukaan tanah sangat dominan sekali dari suatu sayap berbentuk *rectangular* (empat persegi panjang) seperti yang disampaikan oleh (Leon Bennett, et al, 2009).



Sumber: Leon Bennett, et al, 2009, *Wing In Ground Effect Aircraft Aerodynamic*.

**Gambar 1.** Dominasi Lebar Sayap Pada Efek Permukaan.

Pada gambar 2, diperlihatkan konsep Kapal Bersayap tipe B jenis *Anton Lippisch* yang memanfaatkan pengaruh bantalan udara dinamik dibawah permukaan sayap *reverse delta* diuraikan pada (Chris B. McKesson, 2009).



Sumber: Chris B. McKesson, (2009)

**Gambar 2.** Konfigurasi *reverse delta* oleh A *Lippisch*.

Beberapa penelitian yang telah dilakukan oleh Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, sebagai berikut:

### 1. Prototipe Kapal Bersayap A2A kapasitas (1 - 2) orang tipe B jenis *Lippisch*

Prototipe awal yang disebut Kapal Bersayap A2A tipe B kapasitas (1-2) orang buatan PT. Dirgantara Indonesia mengikuti program uji layar di danau Jatiluhur, Jawa Barat pada tahun 2004, seperti terlihat pada gambar 3.



Sumber: Sayuti, 2014

**Gambar 3.** Kapal Bersayap A2A sedang mengikuti uji layar di Jatiluhur, Jawa Barat.

Pesawat ini tidak berhasil mengudara karena kelebihan berat. Kesalahan terjadi pada saat akhir produksi, terjadi pendempulan permukaan badan pesawat yang sangat tebal dan pengecatan yang berulang-ulang.

### 2. Prototipe Kapal Bersayap kapasitas 8 orang tipe B jenis *Lippisch*

Prototipe Kapal Bersayap konfigurasi *Lippisch* tipe B kapasitas 8 orang terjadi kegagalan dalam rancang-bangun, akibat kegagalan struktur dimana terjadi kesalahan dalam pencampuran bahan kimia material komposit. Hal ini terjadi pada tahun 2008 di Bojonegara, seperti terlihat pada gambar 4.



Sumber: Sayuti, 2008

**Gambar 4.** Prototipe Kapal Bersayap konfigurasi *Lippisch* tipe B kapasitas 8 orang.

### 3. Prototipe Kapal Bersayap A2B kapasitas (1 - 2) orang tipe B jenis *Lippisch*

Prototipe Kapal Bersayap A2B kapasitas (1 - 2) orang tipe B jenis *Lippisch* telah mengalami beberapa tahap pengujian, yaitu pada tahun 2007 dan 2008 di Pantai Carita, Bojonegara, Banten. Prototipe Kapal Bersayap A2B kapasitas (1 - 2) orang tipe B jenis *Lippisch* gagal dalam uji terbang disebabkan oleh kelebihan berat pada bagian ekor saat fabrikasi. Prototipe A2B terlihat pada gambar 5.



Sumber: Sayuti, 2007

**Gambar 5.** Prototipe Kapal Bersayap Konfigurasi *Lippisch* A2B.

### 4. Prototipe Kapal Bersayap A2C kapasitas (1 - 2) orang tipe B jenis *Lippisch*

Pada gambar 6, adalah prototipe Kapal Bersayap kapasitas (1 - 2) orang tipe B jenis *Lippisch* A2C dengan berat, *MTOW* (*Maximum Takeoff Weight*) yaitu berat maksimum total sekitar 4300.0 *Newton* dan daya Propulsi adalah 115.0 *HP* dengan rasio gaya Propulsi per berat adalah (2:5). Tahap pembangunan *prototype* A2C selama 2 tahun di Industri Rekayasa, Pondok Cabe.



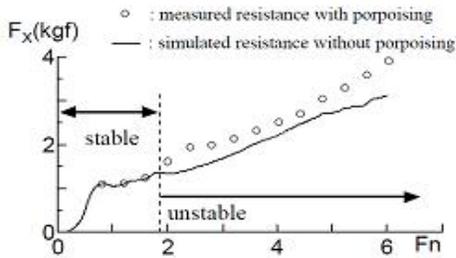
Sumber: Sayuti, 2011

**Gambar 6.** Prototipe Kapal Bersayap Konfigurasi *Lippisch* A2C.

### 5. Pengaruh gerak naik-turun (*porpoising*)

Persoalan stabilitas pada Kapal Bersayap tipe B jenis *Lippisch* saat *hydro planing* akan

muncul apabila letak posisi *step*, titik pusat gravitasi, *c.g* dan titik pusat *buoyance*, *c.b* tidak terletak pada satu bidang tegak lurus sumbu *y* dimana titik pusat gravitasi, *c.g* tidak membentuk sudut  $(2 - 10)^\circ$  terhadap posisi *step*. Kapal Bersayap tidak berhasil lepas dari permukaan air, karena gaya angkat aerodinamika dari sayap tidak pernah bangkit secara sempurna untuk mengimbangi gaya berat dari Kapal Bersayap tersebut. Terjadi gerak naik-turun sepanjang fase *hydro planing*, dimana hal ini dapat mengakibatkan kondisi tidak stabil pada matra longitudinal, dan apabila daya Propulsi terus ditingkatkan maka akan terjadi *pitch up*, kondisi tidak stabil ini mengakibatkan kapal akan terjungkir balik (Ikeda Yoshiho, Katayama Toru, 2000). Pengaruh gerak naik turun merupakan kondisi tidak stabil pada gerak vertikal dan gerak ke depan seperti diperlihatkan oleh gambar 7.



Sumber: Ikeda Yoshiho, et al (2000), *Porpoising Oscillations of a Very High Speed Marine craft*.

**Gambar 7.** Gaya hambat vs. Froude number,  $F_n$ .

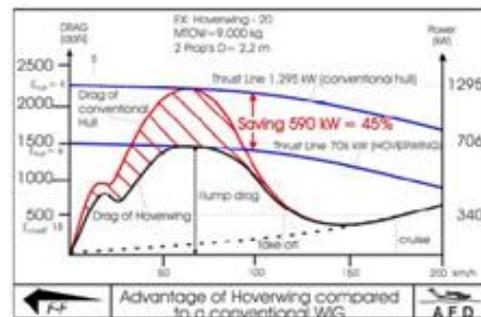
### 6. *Hydro planing*

Masalah kestabilan hidrodinamika telah memenuhi persyaratan, yaitu dengan memperhatikan letak titik pusat gravitasi, *c.g* berada dibagian belakang titik pusat *buoyance*, *c.b* pada bagian *hull*. Pada gambar 8, merupakan ilustrasi dari besarnya gaya hambat hidrodinamika, besarnya daya yang diperlukan versus kecepatan saat *hydro planing* dari *Hovercraft* di permukaan air, seperti disampaikan oleh (Graham Taylor, 2003).

### 7. Distribusi gaya-gaya dan momen

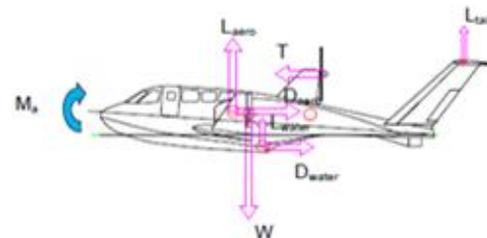
Kestabilan akan terjadi apabila besarnya momen-momen yang bekerja di tata acuan koordinat sumbu benda pada masing-

masing arah adalah seimbang atau penjumlahan momen masing-masing gaya pada titik tangkapnya adalah nol. Distribusi gaya-gaya dan momen-momen yang bekerja pada masing-masing titik pusat gravitasi, *c.g*, titik pusat *buoyance*, *c.b*, di tata acuan koordinat sumbu Benda dari Kapal Bersayap tipe B jenis *Lippisch*. Persamaan model matematika matra longitudinal antara aerodinamika, hidrodinamika, berat dan sistem Propulsi digabung kedalam satu matriks persamaan berukuran  $(5 \times 5)$  pada tata acuan koordinat sumbu benda yang ditulis oleh (Maurizio Collu, 2008). Parameter non-dimensional dari persamaan aerodinamika dan hidrodinamika dapat dianalisa untuk analisa stabilitas dalam respon waktu yang ditulis oleh (Maurizio Collu et al, 2008). Berdasarkan kedua referensi tersebut diatas dan untuk penyederhanaan, maka dapat dibuat ilustrasi keseimbangan gaya dan momen yang terjadi pada Kapal Bersayap konfigurasi *Lippisch*, seperti pada gambar 9.



Sumber: Graham Taylor (2003), *Re-defining Sea Level*

**Gambar 8.** Distribusi *Hump Drag*, *Power* Versus Kecepatan Saat *Hydro Planning*.



**Gambar 9.** Distribusi Gaya Kapal Bersayap Saat *Hydro Planning* di TAK Sumbu Benda.

### METODOLOGI PENELITIAN

Pada metodologi penelitian disampaikan beberapa alasan berdasarkan pengalaman masa

lalu terhadap pembangunan prototipe agar tidak terjadi kelebihan berat.

Masalah kestabilan aerodinamika matra longitudinal dari Kapal bersayap dengan menggunakan kriteria *Irodov*, dimana Kapal Bersayap tipe B jenis *Lippisch* ini dinyatakan stabil statik di matra longitudinal. Pengamatan secara simulasi digital dilakukan pada fase gerak *hydro planing* di atas permukaan air. Ruang lingkup penelitian meliputi pengumpulan data dari hasil perhitungan aero dan hidrodinamika sebelumnya, pengukuran gaya Propulsi di laboratorium, proses simulasi pada fase *hydro planing*, pada studi kasus ini digunakan prototipe Kapal Bersayap kapasitas (1 - 2) orang A2C tipe B jenis *Lippisch*. Pesawat A2C mempunyai berat dan tenaga mesin yang berbeda dengan prototipe sebelumnya, A2B. Pada tahun 2013, prototipe Kapal Bersayap A2C tipe B jenis *Lippisch* ini telah berhasil mengikuti beberapa kegiatan di laboratorium yang merupakan metoda analisis yang digunakan pada penelitian ini, seperti penimbangan di hanggar Pusat Teknologi Industri Pertahanan dan Keamanan (PTIPK) dan pengukuran gaya Propulsi di hanggar Balai Termodinamika Motor dan Propulsi (BTMP-BPPT), PUSPIPTEK, Serpong.

Berdasarkan hasil pengukuran tersebut diperoleh rasio perbandingan gaya statik Propulsi per berat Kapal Bersayap untuk dapat melakukan prosedur *takeoff* dan mengudara di atas permukaan air sebesar (2 : 5). Hal ini menjadi perhatian utama dan seterusnya dalam perancangan Kapal Bersayap konfigurasi *Lippisch*.

Penelitian ini dibahas secara sederhana dengan memperhatikan aspek uji di lapangan, terjadinya kelebihan berat, tidak tepatnya posisi titik pusat gravitasi, *c.g* dan adanya dua buah *pontoon* disebelah kiri dan kanan sayap yang selalu menimbulkan gaya hambat air yang cukup besar saat *hydro planing*.

Dilakukannya penelitian ini, diharapkan tidak terjadi lagi kesalahan dalam proses pembangunan prototipe yang terbuat dari bahan material komposit yang mengakibatkan berat pesawat secara keseluruhan menjadi lebih berat.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Perhitungan kinerja Kapal Bersayap saat *hydro planing* sampai mengudara di atas ketinggian efek permukaan

Analisis data kinerja Kapal Bersayap kapasitas 8 orang tipe B jenis *Lippisch* dalam bentuk analisa koefisien gaya angkat aerodinamika dan koefisien gaya hambat hidrodinamika. Konfigurasi *Lippisch* pada prototipe Kapal Bersayap A2C kapasitas (1 - 2) orang tipe B dianalisa, sehingga diperoleh karakteristik terbang saat *hydro planing*, mengudara dan mendarat di atas permukaan air yang memenuhi persyaratan terbang untuk pesawat dengan penumpang 1 orang pilot.

### 2. Uji pengukuran gaya Propulsi

Pada prototipe Kapal Bersayap A2C kapasitas (1 - 2) orang tipe B jenis *Lippisch* dengan menggunakan mesin *Hirth 115.0 HP*, dilakukan pengukuran gaya statik Propulsi di laboratorium BTMP-BPPT, Puspiptek, Serpong. Instalasi mesin berkedudukan statis, seperti terlihat pada gambar 10.



Sumber: Sayuti, 2012

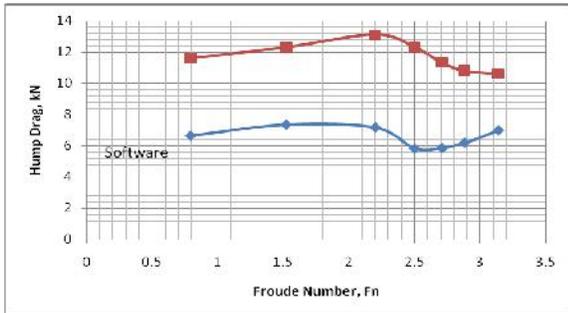
**Gambar 10.** Pengukuran Gaya Statik Propulsi dari *Hirth 115.0 HP* milik A2C di BTMP, Serpong

Hasil pengukuran gaya Propulsi, *T* adalah 1950.0 *Newton* pada putaran *propeller* maksimum sebesar 2880.0 *RPM*.

### 3. Gaya hambat hidrodinamika *hull*

Perhitungan gaya hambat hidrodinamika pada *hull* menggunakan piranti lunak *Maxsurf* untuk mendefinisikan kinerja secara hidrodinamika dari Kapal Bersayap tipe B kapasitas 8 orang. Kurva gaya hambat

hidrodinamika versus kecepatan, *Froude Number*,  $F_n$  dari Kapal Bersayap tipe B jenis *Lippisch* diperlihatkan oleh gambar 11. Hasil pengujian gaya hambat hidrodinamika telah dilakukan dengan menguji model 3 dimensi Kapal Bersayap di *towing tank*, Balai Pengkajian dan Penelitian Hidrodinamika (BPPH), Surabaya seperti yang dilaporkan oleh (Andi Jamaluddin, 2004) pada gambar 12.



Sumber: Andi Jamaluddin, (2004), *Analisa dan pengujian Hidrodinamika Kapal Bersayap (WiSE 10)*

**Gambar 11.** Kurva *hump drag* vs. kecepatan,  $F_n$ .



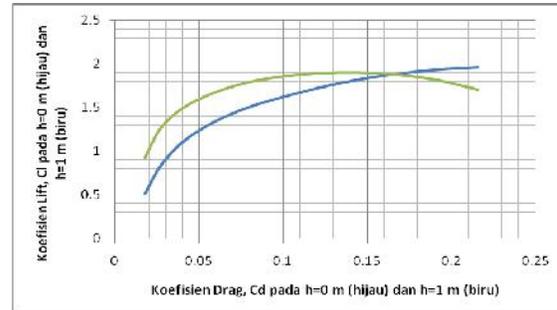
Sumber: Andi Jamaluddin, (2004), *Analisa dan pengujian Hidrodinamika Kapal Bersayap (WiSE 10)*

**Gambar 12.** Uji model 3 dimensi di *towing tank*.

#### 4. Gaya angkat Aerodinamika sayap.

Koefisien gaya angkat aerodinamika,  $C_L$ , koefisien gaya hambat aerodinamika,  $C_D$ , dan koefisien momen aerodinamika,  $C_M$  bekerja pada tata acuan koordinat sumbu benda matra longitudinal wahana terbang Kapal Bersayap. Pada Kapal Bersayap kapasitas 8 orang tipe B jenis *Lippisch*, dilakukan perhitungan secara teoritikal dengan menggunakan piranti lunak *DATCOM*, sehingga diperoleh hasil perhitungan gaya angkat aerodinamika,  $L$  dari kurva *drag polar* pada harga koefisien gaya angkat aerodinamika,  $C_L$  maksimum.

Terdapat 2 (dua) harga  $C_L$  maksimum dengan ketinggian,  $h$  yang berbeda, yaitu pada  $h = 0.0$  m (saat *hydro planing*) dan  $1.0$  m (saat mengudara) yang diamati (Hari Muhammad, 2005), seperti diperlihatkan oleh gambar 13.



Sumber: Hari Muhammad, 2005, *Technical Report*.

**Gambar 13.** Kurva *drag polar*  $C_L$  versus  $C_D$  dengan sudut  $\alpha = -2^\circ$  sampai  $16^\circ$  dan ketinggian,  $h = 0.0$  m dan  $1.0$  m.

Data aerodinamika hasil uji terowongan angin (Gunawan Wijiatmoko, A Farid Widodo, 2006) seperti kurva koefisien gaya angkat aerodinamika sayap,  $C_L$ , koefisien gaya hambat aerodinamika sayap,  $C_D$ , dan koefisien momen aerodinamika sayap,  $C_M$  versus sudut serang,  $\alpha$  adalah sesuai dengan hasil perhitungan piranti lunak *DATCOM*. Perhitungan saat *hydro planing*, menggunakan data aerodinamika pada ketinggian,  $h = 0$  m. Apabila pesawat sudah mengudara, maka data aerodinamika pada ketinggian,  $h = 1$  m yang digunakan pada simulasi ini.

#### 5. Penimbangan Kapal Bersayap A2C

Proses penimbangan prototipe Kapal Bersayap A2C kapasitas (1 - 2) orang tipe B jenis *Lippisch* menggunakan 3 buah timbangan badan pada bagian depan dan belakang, seperti terlihat pada gambar 14.

#### 6. Distribusi gaya saat *hydro planing* untuk 1 orang pilot

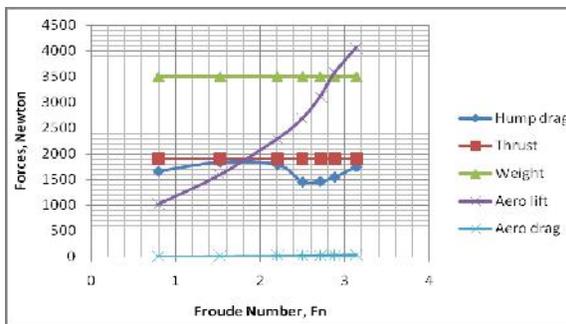
Keseimbangan gaya-gaya yang bekerja pada tata acuan koordinat sumbu Benda, sesuai dengan perhitungan sebelumnya pada prototipe Kapal Bersayap A2B kapasitas (1 - 2) orang tipe B jenis *Lippisch* saat *hydro planing* di permukaan air. Pada Gambar 15 adalah

hasil simulasi digital dari konfigurasi Kapal Bersayap A2C tipe B jenis *Lippisch* dengan berat medium (1 orang pilot) dan berat  $MTOW = 3500.0 \text{ Newton}$ .



Sumber:

**Gambar 14.** Penimbangan Kapal Bersayap A2C

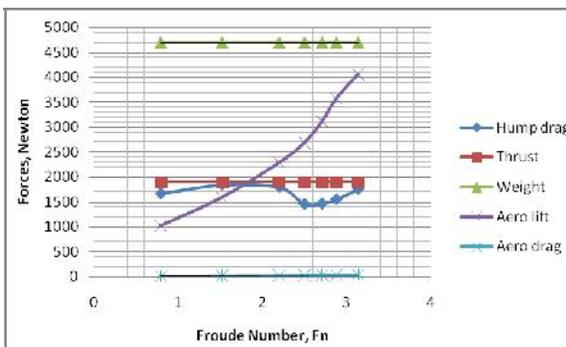


Sumber:

**Gambar 15.** Distribusi gaya-gaya versus  $F_n$  (=Froude Number) dari prototipe Kapal Bersayap A2C (1 Pilot).

**7. Distribusi gaya saat *hydro planing* untuk 2 orang pilot**

Pada gambar 16 adalah hasil simulasi digital dari konfigurasi Kapal Bersayap A2C tipe B jenis *Lippisch* dengan berat,  $MTOW = 4460.0 \text{ Newton}$ .



Sumber:

**Gambar 16.** Distribusi gaya-gaya versus  $F_n$  (Froude Number) Kapal Bersayap A2C (2 Pilot).

**KESIMPULAN**

Berdasarkan analisis data pada hasil penimbangan, pengukuran gaya Propulsi dan perhitungan teoritikal/pengukuran gaya-gaya aerodinamika dan hidrodinamika, diperoleh hasil yang memungkinkan bahwa pesawat berhasil mengudara dengan baik, dengan syarat  $T/W \text{ ratio}$  sebesar (2 : 5) dan letak titik pusat gravitasi pada daerah limitasi. Letak titik pusat gravitasi,  $c.g$  dari prototipe Kapal Bersayap A2C kapasitas (1 - 2) orang tipe B jenis *Lippisch* sekitar 25.0 % MAC. Perhitungan beban dengan 1 orang pilot pada prototipe Kapal Bersayap A2C kapasitas (1 - 2) orang tipe B jenis *Lippisch* memenuhi syarat untuk mengudara.

Berat dengan 2 orang pilot tidak memenuhi syarat mengudara karena gaya berat lebih besar dari gaya angkat Aerodinamika. Penempatan posisi *step* terhadap letak titik pusat gravitasi,  $c.g$  dan sumbu z pada prototipe Kapal Bersayap A2C kapasitas (1 - 2) orang membentuk sudut  $(2-10)^{\circ}$ . Gaya hambat hidrodinamika dari kedua *pontoon* diabaikan, karena dianggap kecil.

**SARAN**

Pada saat dilaksanakannya program uji terbang disarankan pada fase belok, pesawat yang sudah terbang di ketinggian efek permukaan disarankan untuk mendarat terlebih dahulu di permukaan air, baru kemudian dilakukan pembelokan pada saat pesawat sudah berada di permukaan air dengan menggunakan *water rudder* atau putaran *propeller*.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Ucapan terimakasih disampaikan kepada rekan-rekan sekerja di Pusat Teknologi Industri dan Sistem Transportasi (PTIST), Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT); Dr. Ir. Hari Muhammad, para dosen di jurusan Teknik Penerbangan, Institut Teknologi Bandung (ITB, Bandung); Ir. Andi Alisjahnana, MSAE, Direktur Teknologi dan Pengembangan, PT. Dirgantara Indonesia, Bandung.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andi Jamaluddin, 2004. *Analisa dan Pengujian Hidrodinamika Kapal Bersayap (WISE 10)*. Indonesian Hydrodynamic Laboratory.
- Chris B. McKesson, 2009. *The Practical Design of Advance Marine Vehicles*, US Office Naval Research. University of New Orleans.
- Gunawan Wijiatmoko, A Farid Widodo, 2006. *Laporan Pengujian Model WISE 8 di Indonesia Low Speed Tunnel (ILST) Eksperimen 123*, Laboratorium Aero-Gas Dinamika dan Getaran. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Serpong.
- Graham Taylor, 2003. *Re-defining Sea Level: The Hoverwing Wing In Ground Effect Vehicle*, Fischer Flugmechanik/AFD Airfoil Development GmbH. Germany. Paper for the Hovercraft Society. Air Cushion Technology Conference & Exhibition, England. Oct.
- Hari Muhammad, 2005. *Technical Report, Design Configuration, Preliminary Design*. Part I-A WiSE Aerodynamic Prediction based on DATCOM. LPPM ITB. Bandung.
- Ikeda Yoshiho, Katayama Toru, 2000. *Porpoising Oscillations of a Very High Speed Marine craft*. Department of Marine System Engineering. Osaka Prefecture University.
- Maurizio Collu, 2008. *Dynamics of Marine Vehicles with Aerodynamic Surfaces*. School of Engineering, Offshore Engineering and Vaval Architecture Group. Phd Thesis. Cranfield University.
- Maurizio Collu, Minno H Patel, Florent Trarieux, 2008. *A Mathematical model to analyze the static stability of hybrid (Aero-Hydrodynamically supported) vehicles*. presented at the 8 th. Symposium on high speed marine vehicle. Naples.
- Priyanto, A, Maimun, A, Noverdo, S, Saeed, J.a, Faizal, A, Waqiyuddin, M, 2012. *A Study on Estimation of Propulsive Power for Wing in Ground Effect (WIG) Craft to Take-off*. Jurnal Teknologi UTM. ISSN 0127-9696, pp. 43-51, Malaysia.
- S. Syamsuar, 2013. *Uji Prestasi Terbang Pesawat Wing In Ground Effect saat Hydro Planing*. Warta Penelitian Perhubungan, p.p 460-467, Volume 25, Nomor 7. Jakarta. Indonesia.