

Analisis Karakteristik Aerodinamika dari Berbagai Geometri *Fin Bom* 500 lbs dengan Metode Computational Fluid Dynamics (CFD)

Giri Yudho¹, Bariq Nasution², Y. H. Yogaswara¹, Sapta Jengkar¹, Handoko¹

¹Dinas Penelitian dan Pengembangan TNI AU, Bandung, Indonesia

²PT. Arke Global Rekayasa Nusantara, Bandung, Indonesia

E-mail: giri.ydpr@gmail.com

Abstrak— Dalam perancangan bom udara dibutuhkan analisis dan *aerodynamic database* untuk mengetahui performa dan karakteristiknya secara dinamik terbang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik aerodinamika pada komponen *fin*, serta mengetahui pengaruh perbedaan bentuk geometri *fin* terhadap karakteristik aerodinamika bom secara kolektif. Metode yang digunakan adalah analisis numerik dengan simulasi CFD untuk memprediksi karakteristik aerodinamika dan mengamati fenomena aliran yang terjadi. Model yang digunakan adalah bom sejenis MK 80 Series 500 lbs yang didesain dengan CAD berbasis data pengukuran dari 3D Scan. Simulasi secara numerik dilakukan untuk mengetahui karakteristik aerodinamika dari desain bom udara pada masing-masing konfigurasi *fin* bom yang dianalisis. Hasil yang diperoleh terdapat perbedaan nilai koefisien *lift*, *drag*, dan *aerodynamic center*. Geometri *fin* trapesium dan persegi panjang menunjukkan hasil yang relatif tidak jauh berbeda, sedangkan geometri *fin* segitiga menunjukkan deviasi CL dan CD yang relatif tinggi pada *angle of attack* yang besar dibandingkan dua model lainnya. Berdasarkan hasil simulasi, *fin* persegi panjang memiliki karakteristik aerodinamika yang lebih baik dibandingkan *fin* segitiga karena menyerupai karakteristik aerodinamika *fin* original yang berbentuk trapesium.

Kata Kunci: bom, simulasi, CFD, *fin*, aerodinamika

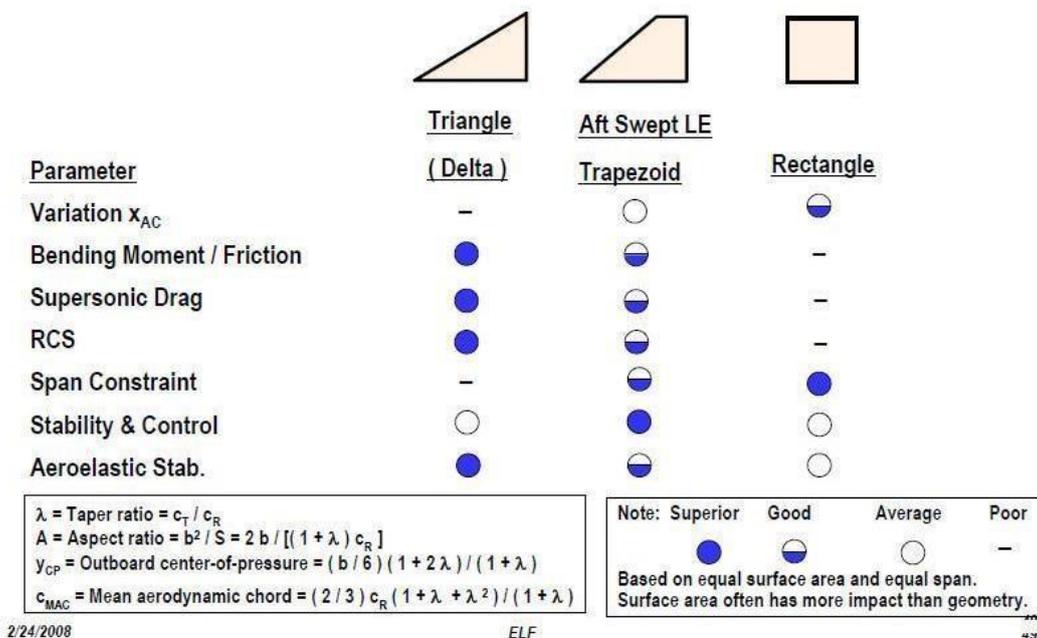
1. PENDAHULUAN

Dalam menghadapi kemajuan teknologi Alutsista (Alat Utama Sistem Senjata) Udara yang memiliki teknologi *advanced*, selain dioperasikan juga perlu dipelajari basis-basis teknologi dan analisis yang diterapkan. Salah satu sistem senjata yang aktif dioperasikan oleh Angkatan Udara yaitu *Aerial Bomb* yang merupakan salah satu tipe eksplosif yang dirancang untuk diluncurkan dari pesawat dan memiliki lintasan balistik untuk target di daratan. Jenis bom yang paling umum dioperasikan yaitu bom *Low Drag General Purpose* (LDGP) MK 80 Series. Pada awal pelaksanaan pengembangan bom, proses desain memiliki peran yang vital dalam

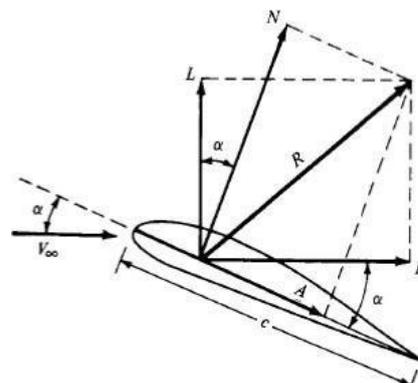
rangka mengkonfirmasi kesiapan alutsista tersebut untuk diproduksi dan dioperasikan [1]. Waktu yang diperlukan untuk mendesain geometri suatu alutsista dan menganalisis karakteristik aerodinamikanya menggunakan *wind tunnel* yang membutuhkan banyak waktu ini dapat direduksi dengan memanfaatkan teknologi komputasi. Salah satu teknologi yang dapat digunakan yaitu menggunakan simulasi *computational fluid dynamics* (CFD). Pada studi ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh bentuk geometri bom tersebut dengan fokus pada variasi bentuk *fin*-nya berdasarkan literatur terhadap karakteristik aerodinamikanya menggunakan CFD untuk

evaluasi modifikasi atau pengembangan desain bom sejenis. Dalam konfigurasi geometri bom, *fin* adalah komponen yang penting karena merupakan komponen yang mendo minasi defleksi aliran udara. Komponen ini juga berperan penting pada stabilitas pada saat *release*, karena memiliki kontribusi pada posisi *Aerodynamic Center* yang nantinya akan ditentukan efektivitasnya oleh posisi *Center of Gravity* (CG) [2]. Bentuk *fin* memiliki beberapa alternatif geometri yaitu *triangular* (segitiga), *trapezoid* dan *rectangle* (persegi) [3]. Masing-masing bentuk memiliki *tradeoff* atau keunggulan dan kelemahan, yang mana merupakan tugas

desainer dan para insinyur terkait untuk mempertimbangkan desain yang akan dipilih sebagai konsep akhirnya. Gaya aerodinamika timbul karena adanya gesekan aliran udara dengan permukaan sayap yang menyebabkan terjadinya perbedaan tekanan antara bagian bawah dan atas sayap. Gaya angkat/*Lift* (L) adalah komponen dari *resultan* (R) yang tegak lurus terhadap kecepatan *freestream* (V_∞). Gaya hambat/*Drag* (D) adalah komponen dari *resultan* (R) yang sejajar dengan kecepatan *freestream* (V_∞). Sudut serang (angle of attack) didefinisikan sebagai sudut antara kecepatan *freestream* (V_∞) dan *chord* (c) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2 [4].



Gambar 1 Alternatif bentuk *Fin Surface Planform* [3]



Gambar 2 Gaya-gaya aerodinamika pada sayap [4]

Dengan adanya koefisien gaya tak berdimensi, dimensi sayap bisa diperkecil untuk pengujian terowongan angin, karena nilai koefisien gaya tak berdimensinya sama walaupun dengan

skala ukuran sayap yang berbeda. Koefisien gaya *lift* (CL) dan Koefisien gaya drag (CD) tak berdimensi didefinisikan sebagai berikut [4]:

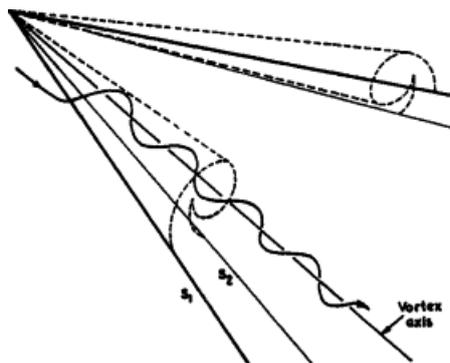
$$C_L = \frac{2L}{\rho V^2 S_{ref}} \quad (1)$$

$$C_D = \frac{2D}{\rho V^2 S_{ref}} \quad (2)$$

Salah satu faktor utama yang mempengaruhi *drag* total dari suatu pesawat terbang adalah hambatan terinduksi (*induced drag*). Induced Drag merupakan hambatan yang dihasilkan dari hasil kerja sayap yang membuat gaya angkat (*lift*) [5].

Pada bentuk *fin* segitiga merupakan sejenis bentuk geometri *delta wing* di mana memiliki karakteristik khusus pada kecepatan operasi

subsonic dan *angle of attack* tinggi. Bentuk *delta wing* pada kondisi tersebut akan menghasilkan separasi aliran udara pada sisi-sisinya/*leading-edge flow separation* dan *leading-edge vortices* atau pusaran aliran udara pada sisi sayap sebagaimana pada Gambar 3. Hal ini akan menghasilkan gaya *lift* yang lebih besar dan juga gaya *drag* yang lebih besar [6].



Gambar 3 *Leading-edge vortices* pada bentuk sayap Delta^[6]

2. METODOLOGI

Karakteristik aerodinamika dapat diperoleh estimasinya melalui metode analitik dan semi-empiris yang proses kalkulasinya dibantu dengan perangkat komputer atau *Computational Fluid Dynamics* (CFD)[7]. Analisa aerodinamika dengan simulasi CFD pada studi ini menggunakan *software ANSYS Fluent* yang berbasis model persamaan *Reynolds-Averaged Navier Stokes* (RANS). Secara umum proses simulasi diawali dengan pendefinisian geometri bom menggunakan *software Computer Aided Design* (CAD) *Solid Works*,

yang merupakan bom sejenis MK 80 Series berbobot 500 lbs. Kemudian dilakukan proses *meshing* pada bentuk geometri *boundary* di luar geometri yang berfungsi sebagai *virtual wind tunnel* (terowongan angin virtual) pada saat simulasi. Semakin banyak elemen *mesh* maka bentuk geometri akan semakin mendetail dan lebih akurat, namun jumlah elemen yang banyak akan membutuhkan waktu komputasi yang lebih lama, sehingga elemen simulasi dibatasi menyesuaikan *resource* komputer yang digunakan. Diagram

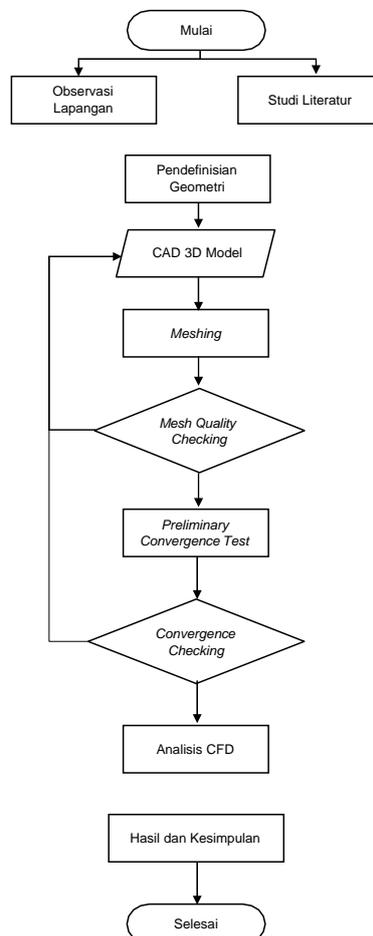
alur dari metode penelitian dapat dilihat pada Gambar 4. Alur kerja penelitian diawali dengan studi literatur dan observasi lapangan dengan mengukur dimensi menggunakan 3D scan untuk mendapatkan data yang aktual. Kemudian dilakukan proses pendefinisian geometri dengan *reverse engineering* CAD yang selanjutnya dilakukan serangkaian

proses simulasi yaitu *meshing* dan pengujian konvergensi sebagai memastikan hasil *mesh* sudah memenuhi syarat kualitas untuk dilakukan simulasi dan diperoleh hasil datanya.

2.1. Pendefinisian Geometri Bom

Sebelum memulai proses pemodelan 3D, dilakukan pendefinisian geometri bom yang akan digunakan. Geometri bom yang akan dianalisis merupakan bom sejenis MK-82. Geometri didapatkan dari proses 3D scan serta merujuk referensi yang tersedia umum. Terdapat tiga konfigurasi geometri *fin* bom yang terdiri dari bom dengan *fin* originalnya berupa *trapezoid*, *fin* dengan bentuk *triangle* (segitiga), dan *fin* berbentuk *rectangle*

(persegi panjang), sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5. Meskipun berbeda bentuk, masing-masing bentuk *fin* didefinisikan memiliki ukuran MAC (*Mean Aerodynamic Center*) yang sama untuk menjaga konsistensi variabel, sehingga koefisien aerodinamika memiliki persamaan yang sama pada proses analisis. Ukuran MAC untuk *fin* segitiga dan persegi panjang disamakan dengan ukuran MAC *fin* trapesium sebagai geometri original

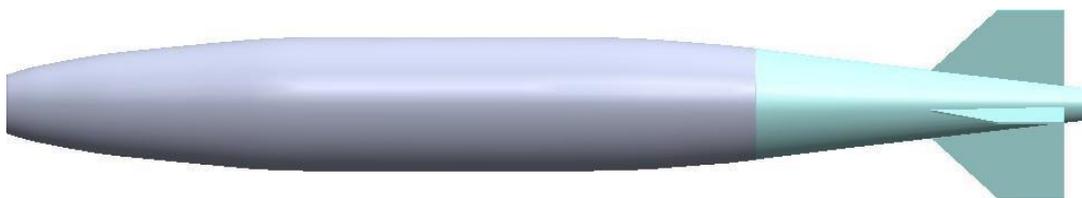


Gambar 4 Alur kerja penelitian

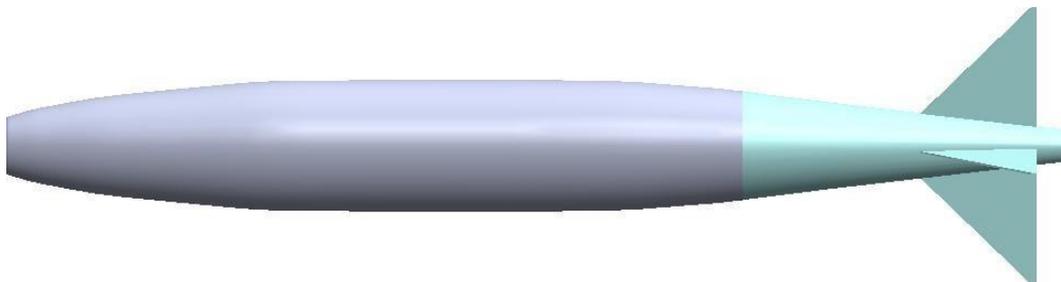
2.2. Meshing Grid

Sebelum dilakukan proses analisis, geometri yang dibuat perlu didefinisikan sebagai *mesh* agar *solver* dapat memecahkan permasalahan. Proses ini dilakukan dengan menggunakan *Fluent Meshing*. Sebelum melakukan *meshing*, domain komputasi perlu dibuat terlebih

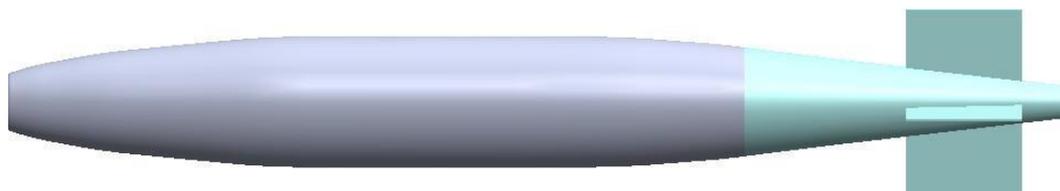
dahulu dengan bentuk separuh badan atau *half body* untuk efisiensi *resource* simulasi seperti yang terlihat pada Gambar 6 (a) dengan parameter bentuk domain komputasi atau *virtual wind tunnel* dapat dilihat pada tabel berikut.



(a)



(b)



(c)

Gambar 5 (a) Geometri 3D bom dengan *fin* trapesium, (b) segitiga, (c) persegi panjang

Tabel 1 Geometri domain komputasi (*virtual wind tunne*)

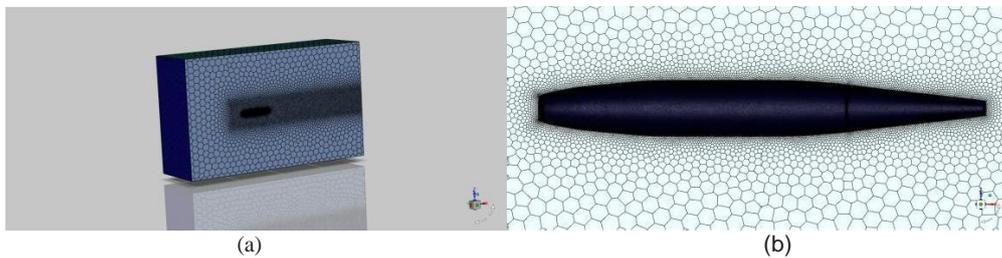
Parameter	Nilai
Tinggi	9 m
Panjang	15 m
Lebar	4.5 m

Setelah domain komputasi berhasil dibuat, maka proses *meshing* dapat dilakukan. *mesh* yang dibuat harus memenuhi kriteria kualitas *mesh* yang ditentukan. kualitas *mesh* pada proses ini menggunakan parameter *orthogonal quality* dengan nilai minimum 0,25. Jika *mesh* yang dihasilkan memiliki kualitas yang lebih rendah, maka proses *meshing* dilanjutkan dengan proses *improve*

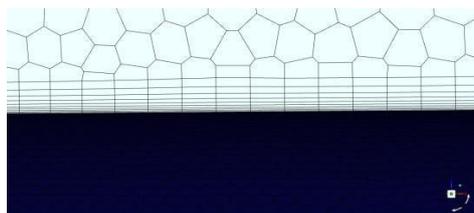
volume mesh untuk meningkatkan kualitas *mesh* secara global. Jumlah *mesh* yang dihasilkan adalah sekitar 0,9 juta *cell* dengan pertimbangan bahwa *mesh* ini sudah cukup untuk menjalankan simulasi dengan hasil yang akurat. Parameter *mesh* yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil dari proses *meshing* ini dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7.

Tabel 2 Parameter *mesh*

Parameter	Nilai
Jenis <i>Mesh</i>	Poly-Hex Core
Mesh Terkecil	2.5e-3 m (<i>fin</i>)
Mesh Terbesar	0.5 m
Increment Ratio	1.2
Y+	30
Tinggi Pertama <i>Prism Layer</i>	1.3e-4 m
Jumlah <i>Prism Layer</i>	10



Gambar 6 (a) *mesh* domain komputasi, (b) *Mesh* yang di-zoom pada permukaan bom.



Gambar 7 *Inflation layer*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas karakteristik aerodinamika dari beberapa geometri *fin* dari bom sejenis MK-82. Analisis akan dilakukan

dengan menggunakan *solver ANSYS Fluent*. Tabel 3 menunjukkan pengaturan yang digunakan di dalam simulasi.

Tabel 3 Setup parameter simulasi

Parameter	Nilai
Solver	3 Dimensi
	Pressure Based
Model Viscous	Spalart-Allmaras
Material	Udara (Air)
Densitas	0.9091 kg/m ³
Viskositas	1.71e-5 kg/m-s
Operation Pressure	70108.5 N/m ²
Reynolds Number	1.2e+6
Kecepatan Aliran	100 m/s (194,38 Knots)
Sudut Serang (alpha)	-24, -20,-16,-12,-8, -4
	0, 4, 8, 16, 20, 24

3.1. Karakteristik Aerodinamika

Terdapat beberapa hasil yang didapatkan dari simulasi dengan menggunakan ANSYS Fluent, pada bagian ini akan dibahas koefisien-koefisien aerodinamika dari tiga variasi geometri *fin* yang dianalisis yaitu koefisien

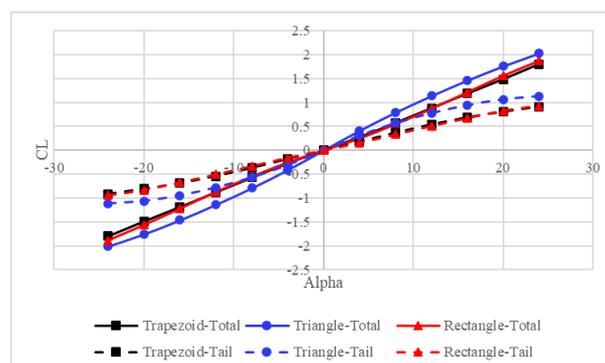
gaya angkat (CL), Koefisien gaya hambat (CD) dan koefisien momen (CM). Kemudian dilakukan analisis lebih lanjut dari koefisien-koefisien yang telah didapatkan seperti *Drag Polar* dan *Lift-to-Drag Ratio vs alpha*.

3.1.1. Koefisien Gaya Angkat (Lift) Terhadap Angle of Attack

Hasil dari koefisien gaya angkat terhadap *angle of attack* (sudut serang) dapat dilihat pada Gambar 8.

3.1.1. Koefisien Gaya Angkat (Lift) Terhadap Angle of Attack

Hasil dari koefisien gaya angkat terhadap *angle of attack* (sudut serang) dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Grafik C_L vs α (AoA) antara beberapa geometri *fin*

Dari hasil dapat disimpulkan bahwa komponen yang dominan berkontribusi terhadap *lift* adalah *fin*. Hasil menunjukkan ketiga model memiliki karakteristik yang sedikit berbeda. Untuk gaya angkat total yang dihasilkan, model *fin* trapesium memiliki karakteristik yang relatif mirip dengan *fin* persegi panjang, di mana *fin* trapesium hanya memiliki sedikit perbedaan pada sudut serang lebih dari 16 derajat dan kurang dari -16 derajat. Untuk *fin* segitiga memiliki gaya angkat yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan kedua model lainnya ketika bom diberi *angle of attack*. Tingginya *lift* yang dimiliki oleh bom dengan *fin* segitiga adalah

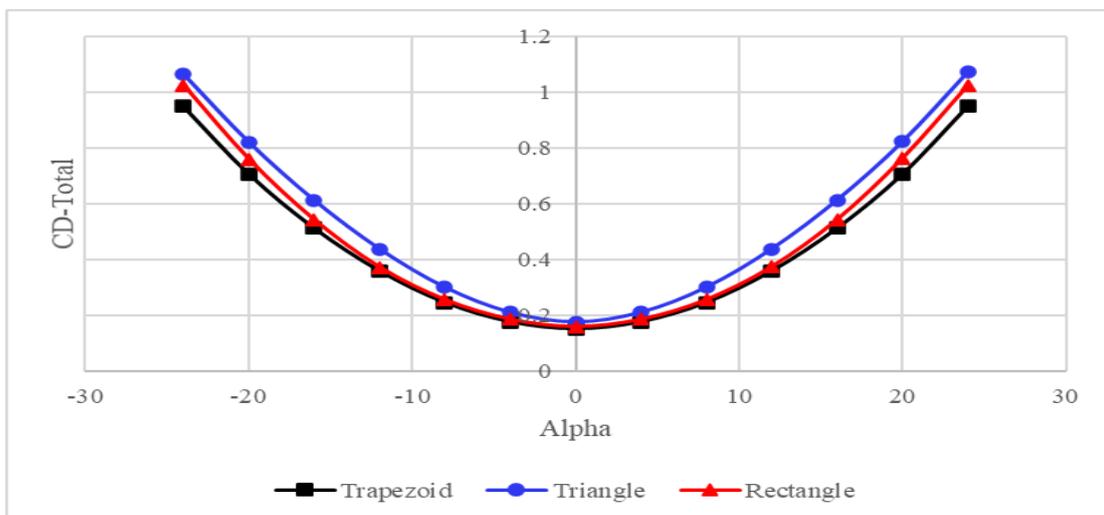
karena geometri segitiga ini merupakan termasuk kategori sayap delta yang memiliki karakteristik tersendiri bila beroperasi pada kecepatan rendah (*subsonic*) dibandingkan dua model lainnya. Sayap delta memiliki fitur utama yang dimiliki adalah adanya *leading edge vortex* yang terbentuk pada sudut serang tinggi dan pada kecepatan *subsonic* [8]. *Vortex* ini memiliki kontribusi besar terhadap *lift* pada *fin* segitiga karena *vortex* mengakibatkan bagian atas dari permukaan sayap memiliki tekanan yang relatif jauh lebih rendah dibandingkan dengan model sayap lainnya.

3.1.2. Koefisien Gaya Hambat (*Drag*) terhadap *Angle of Attack*

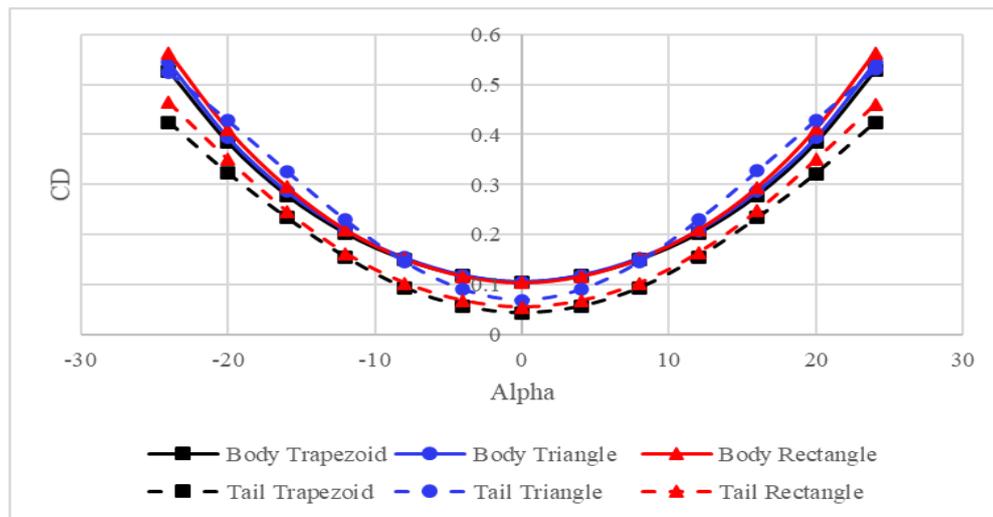
Gaya hambat atau *drag* yang dihasilkan dari ketiga model dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10. Dari hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa model yang memiliki gaya hambat tertinggi ke gaya hambat terendah berturut-turut adalah bom dengan

fin segitiga, *fin* persegi panjang, dan *fin* trapesium dengan nilai gaya hambat/*drag* pada sudut serang 0 berturut-turut adalah 0,1752; 0,1594; 0,1503. Untuk ketiga jenis model *fin*, *drag* minimum dihasilkan ketika *angle of attack* bom 0 derajat.

Gambar 9 Grafik CD Total vs α (AoA) antara beberapa geometri *fin*



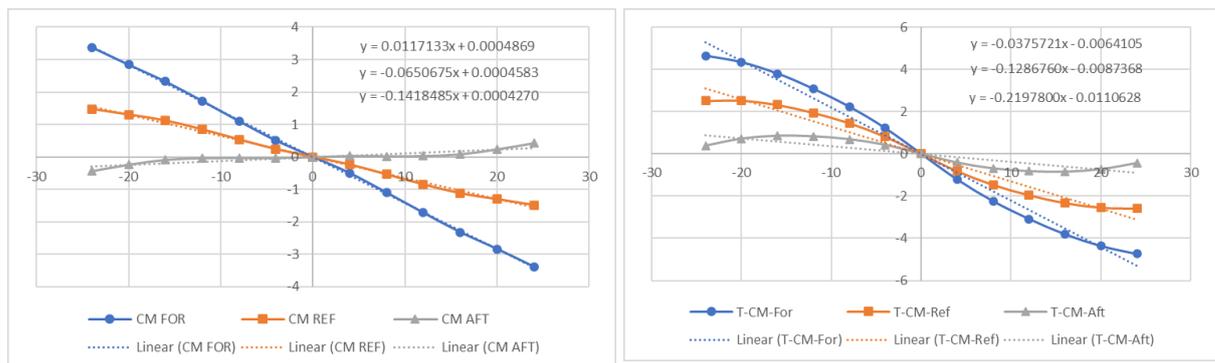
Gambar 10 Grafik CD dari *tail* dan badan bom vs α (AoA) antara beberapa geometri *fin*



Dapat dilihat pada kurva *body trapezoid*, *body triangle*, dan *body rectangle*, karena merupakan body yang sama maka drag yang dihasilkan dari ketiga model menunjukkan nilai yang relatif sama. Perbedaan *drag* total yang dihasilkan oleh ketiga model hanya diakibatkan oleh *drag* yang dihasilkan oleh *fin*. Dapat dilihat pada Gambar 10 bahwa *fin* segitiga menghasilkan gaya hambat yang relatif sangat tinggi dibandingkan dua model lainnya pada *angle of attack* tinggi, bahkan *drag* yang dihasilkan oleh *fin* berjenis ini melewati *drag* yang dihasilkan oleh body pada *angle of attack* di atas 8 derajat dan di bawah -8 derajat.

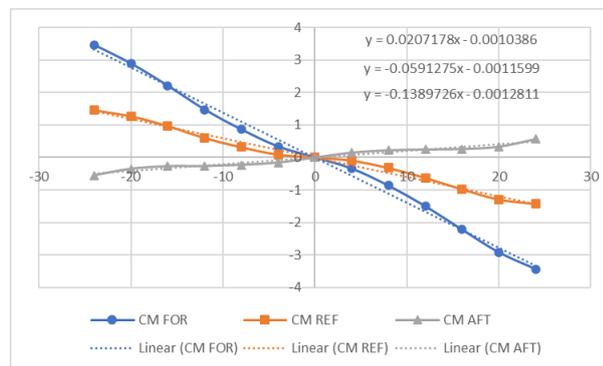
Fin yang berbentuk segitiga ini sama dengan sayap berbentuk delta yang memiliki karakteristik aerodinamika yang kurang baik khususnya gaya hambat/*drag* yang tinggi pada kecepatan terbang rendah (*subsonic*) [9]. Fenomena ini disebabkan karena jenis sayap delta dioptimalkan untuk operasi pada kecepatan terbang di atas kecepatan suara/*supersonic* [6].

3.1.1. Koefisien Gaya Angkat (Lift) Terhadap Angle of Attack



3.1.3.1.

(b)



(c)

Gambar 11 Grafik CM vs α (AoA) antara beberapa geometri *fin* (a) Trapesium (b) Segitiga(c) persegi panjang

Nilai koefisien momen dari ketiga model dievaluasi pada 3 titik yang berbeda yang diberi label *forward*, *reference*, dan *aftward* dengan posisi berturut-turut adalah pada 0.864 m, 1.08 m, dan 1.296 m dari *nose* bom. Dari ketiga model dapat dilihat bahwa mereka memiliki karakteristik koefisien momen yang cukup berbeda sehingga menghasilkan posisi *Aerodynamics Center* (AC) yang berbeda. AC adalah posisi di mana ketika nilai dari gradien

Nilai dari statik margin didapatkan dengan menghitung selisih dari posisi *center of gravity* (CG) dan AC kemudian dibagi dengan panjang referensi yaitu MAC (Mean Aerodynamic Chord) dari *fin* yang seluruhnya dibuat seragam sebesar 230 mm. CG pada posisi 1171 mm dari *nose* [1]. Nilai *static margin* (SM) didapatkan sebagai berikut:

$$\frac{XX_{CG} - XX_{AC}}{MAC}$$

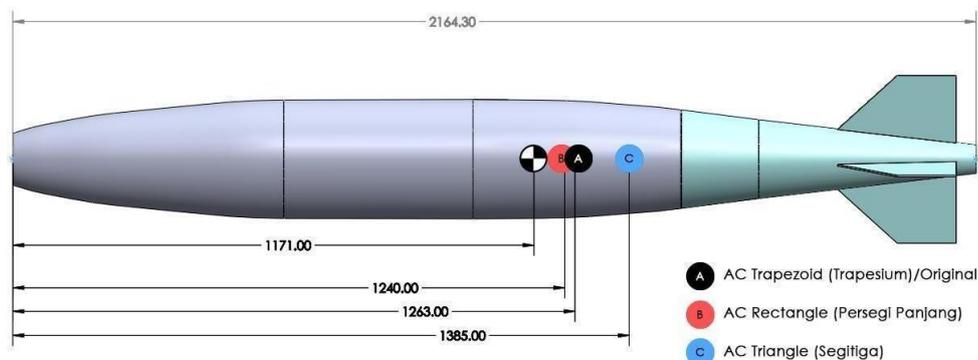
$$SM = \frac{XX_{CG} - XX_{AC}}{MAC} \quad (3)$$

koefisien momen pada posisi itu adalah bernilai 0. Dari ketiga model sebagai berikut:

- AC trapesium : 1.263 m
- AC segitiga : 1.385 m
- AC persegi panjang : 1.240 m
- SM Trapesium : -0,40
- SM Segitiga : -0,93
- SM Persegi Panjang : -0,30

Didapatkan bahwa untuk ketiga konfigurasi bentuk *fin*, nilai *static margin* bernilai negatif, dan kurva *pitching moment* pada posisi di CG

bernilai negatif terhadap *angle of attack* yang berarti stabil secara statik longitudinal (*static longitudinally stable*) [1].

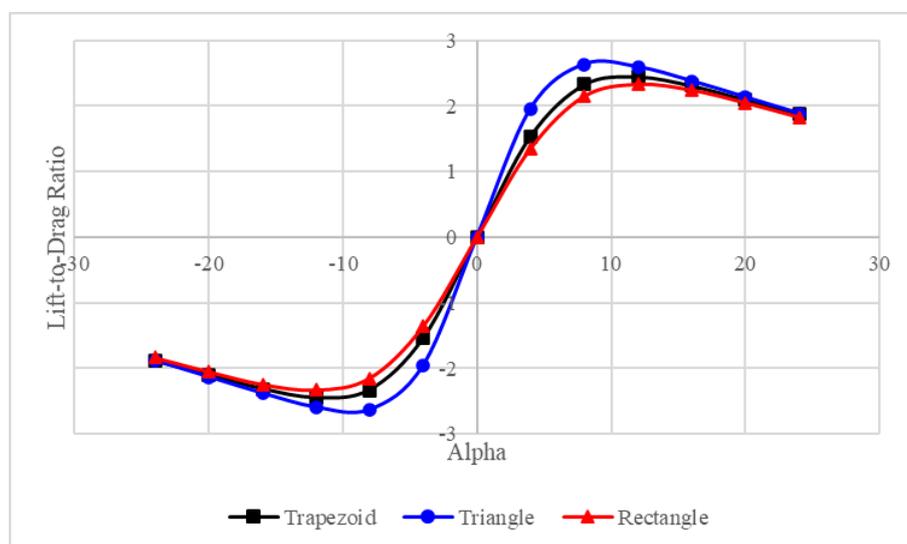


Gambar 12 Posisi Aerodynamic Center pada masing-masing bentuk *Fin*

3.1.4. Lift-to-Drag Ratio terhadap Angle of Attack

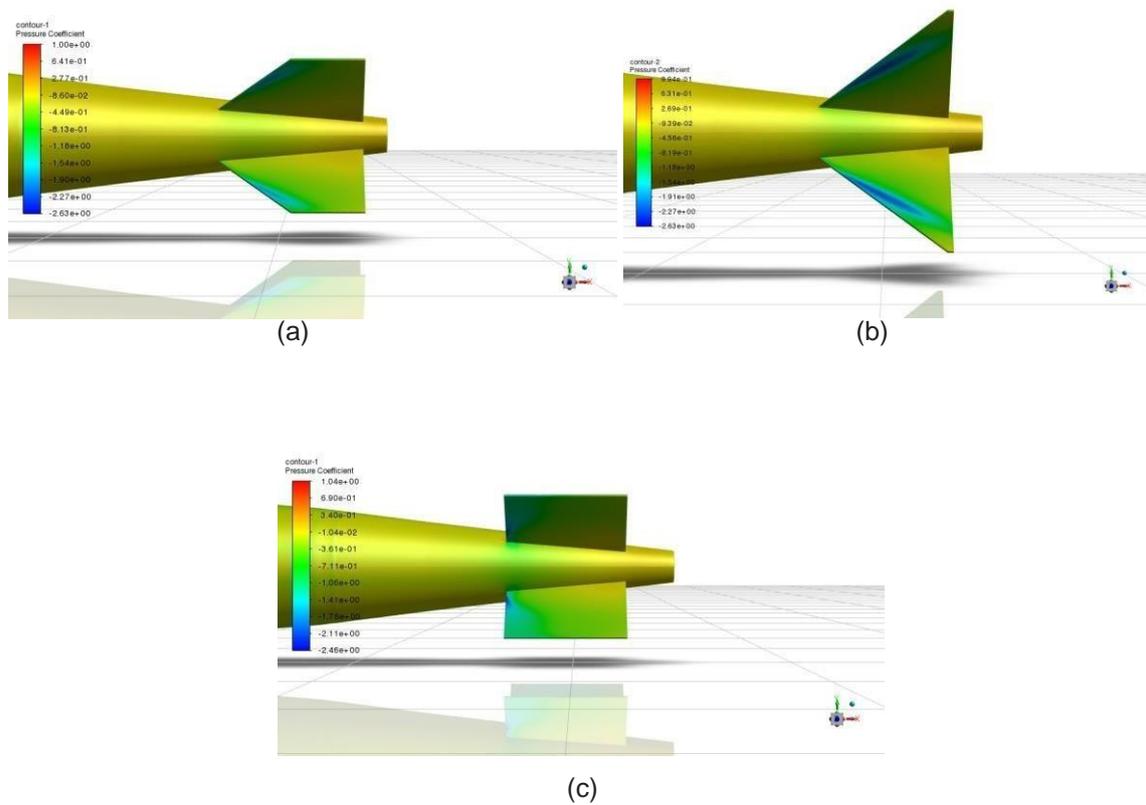
Gambar 13 menunjukkan nilai dari rasio gaya angkat dan gaya hambat terhadap sudut serang yang diberikan kepada geometri bom. Pada grafik terlihat bahwa ketiga model memiliki nilai rasio yang berbeda hanya pada sudut serang 4 hingga 12 derajat. Pada rentang sudut serang ini, model *fin* segitiga memiliki nilai rasio yang lebih tinggi, diikuti oleh trapesium, dan yang terendah adalah model persegi panjang.

Hal ini menandakan untuk rentang sudut serang yang telah disebutkan, bom dengan *fin* berbentuk segitiga pada sudut *angle of attack* negatif akan memungkinkan memiliki *down force* dan *drag force* lebih besar dibandingkan kedua model lainnya sehingga berdampak pada *trajectory* yang lebih pendek [10]. Hal ini diakibatkan oleh kenaikan nilai CL yang dihasilkan oleh *fin* berbentuk segitiga lebih sebagai berikut



Gambar 13 Grafik Lift-to-Drag Ratio terhadap AoA

3.2. Visualisasi Aliran



Gambar 14 Visualisasi aliran *pressure coefficient* pada *fin* (a) Trapesium, (b) Segitiga, (c) Persegi Panjang

Dari Gambar 14 menunjukkan bahwa geometri *fin* segitiga memiliki area dengan *pressure coefficient* rendah yang relatif lebih luas dibandingkan kedua model lainnya. Hal ini menandakan permukaan atas dari *fin* memiliki tekanan yang lebih rendah sehingga menghasilkan gaya angkat yang lebih tinggi dibandingkan kedua model lainnya. kemungkinan disebabkan oleh *leading-edge*

vortices pada bentuk sejenis sayap Delta yang tekanan statik negatifnya tervisualisasi pada hasil simulasi pada Gambar 14 (b) berupa garis biru memanjang pada *leading-edge* [6]. Sedangkan untuk model *fin* trapesium dan persegi panjang tidak memiliki perbedaan yang signifikan sehingga juga dapat terlihat dari gaya angkat yang dihasilkan relatif sama.

4. KESIMPULAN

erdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa:

- Geometri *fin* trapesium dan *fin* persegi panjang menunjukkan performa dan karakteristik aerodinamika yang relatif tidak jauh berbeda.
- Geometri *fin* segitiga menunjukkan hasil deviasi koefisien *lift* dan *drag* yang relatif tinggi saat diberikan *angle of attack* dibandingkan *fin* trapesium dan *fin* segitiga.
- Geometri *fin* yang menghasilkan koefisien *drag* yang paling rendah adalah *fin* trapesium.
- Ketiga geometri *fin* memiliki posisi AC di belakang CG sehingga stabil statiklongitudinal, di mana posisi AC terdepan adalah bom yang memiliki *fin* persegi panjang dan yang terbelakang adalah bom dengan *fin* segitiga.
- Geometri *fin* segitiga menunjukkan performa *Lift-to-Drag Ratio* yang lebih besar sehingga memungkinkan memiliki *trajectory* yang relatif berbeda di bandingkan bom dengan bentuk *fin* trapesium dan persegi panjang.
- Berdasarkan hasil simulasi, *fin* persegi panjang lebih baik dibandingkan *fin* segitiga karena menyerupai karakteristik aerodinamika *fin* original yang berbentuk trapesium.

5. REFERENSI

- [1] S. Mansor, I. S. Ishak, "Evaluation of Aerodynamic Derivatives of MK82 Bomb from Wind Tunnel Testing and Semi-Empirical Method", 2nd International Conference on Mechanical, Automotive and Aerospace Engineering (ICMAAE), 2013
- [2] L. L. Cronvich, "Missile Aerodynamics", Johns Hopkins APL Technical Digest, vol. 4, no. 3, 1983
- [3] E. L Fleeman, Tactical Missile Design, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Virginia, 2001
- [4] J. D. Anderson, Fundamentals of Aerodynamics, McGraw-Hill, New York, 2011
- [5] B. W. McCormick, Aerodynamics Aeronautics and Flight Mechanics, John Wiley & Sons, 1995
- [6] P. K. Chang, "Leading-edge Flow Separation", Separation of Flow, Pergamon, 1970, ch. 9, pp. 452-530
- [7] J. M. Allen, "Comparison of Analytical and Experimental Supersonic Aerodynamic Characteristics of a Forward Control Missile", Journal of Spacecraft and Rockets AIAA, vol. 19, no. 2, 1982
- [8] C. Trussa, C. Whitfield, J. Brandon and M. McCrink, "Low-Speed Aerodynamic Characteristics of a Delta Wing with Articulated Wing Tips", AIAA Aviation 2021 Forum, 2021
- [9] J. Rom, High Angle of Attack Aerodynamics: Subsonic, Transonic, and Supersonic Flows, Springer New York, New York, 1992
- [10] A. S. Atallah, G. A. El-Sheikh, A. E. Mohamedy, "Modelling and Simulation for Free Fall Bomb Dynamics in Windy Environment", Aerospace Sciences & Aviation Technology (ASAT-16), 2015