

Abstract of thesis presented to the Senate of Universiti Malaysia Terengganu in fulfilment of the requirement for the degree of Doctor of Philosophy

**THE RELATION BETWEEN LOG-AESTHETIC CURVE AND
HYDRODYNAMICS OF THE FLOW AROUND IT**

WO MEI SEEN

July 2023

Main Supervisor : Associate Professor Gobithaasan Rudrusamy, Ph.D.

Faculty : Faculty of Ocean Engineering Technology and Informatics

Log-aesthetic curve (LAC) is a family of aesthetic curves with linear logarithmic curvature graphs (LCG). It encompasses well-known aesthetic curves such as clothoid, logarithmic spiral and circle involute. LAC has been playing a pivotal role in aesthetic design. However, its application for functional design remains an uncharted territory, e.g., the relationship between LAC and fluid flow pattern may aid in designing better hydrofoils and ship hulls. We address this problem by elucidating the relationship between LAC and flow patterns in terms of streamlines at a steady state. In this thesis, we derived the motion of fluid from Euler's equation analytically, which elucidates the physical meaning of LAC in the case of the logarithmic spiral. We also analysed the streamlines formed by incompressible flow around a hydrofoil generated various LAC shapes, simulated using FreeFem++. Furthermore, we analysed how the shape of LAC hydrofoils affects their drag coefficients when the fluid flow is steady. It is found that LAC shapes with negative shape parameter, α values with almost linear curvature profiles, generate the lowest drag. Cluster analysis has also been done on the drag coefficient distribution relative to the shape parameter and Reynolds number. It is found that the hydrofoil (thickness ≈ 0.2) experiments with Reynolds number between 30 and 40, whose flow is guaranteed to be steady, form a cluster, meaning their drag coefficient distributions with respect to alpha are similar. The same is observed in hydrofoils of 0.3 unit's thickness. However, hydrofoils of thickness 0.4 exhibit a different behaviour, indicating that the distribution of drag coefficients does

not rely solely on Reynolds number, but the thickness of the hydrofoil as well. This finding suggests that the evaluation of Reynolds number based on chord length (or characteristic length) for streamlined objects requires reformulation.

Abstrak tesis yang dikemukakan kepada Senat Universiti Malaysia Terengganu sebagai memenuhi keperluan untuk ijazah Doktor Falsafah

HUBUNGAN ANTARA LENGKUNG ESTETIK-LOG DAN HIDRODINAMIK BAGI ALIRAN DI SEKELILINGNYA

WO MEI SEEN

Julai 2023

Penyelia Utama : Profesor Madya Gobithaasan Rudrusamy, Ph.D.

**Fakulti : Fakulti Teknologi Kejuruteraan Kelautan dan
Informatik**

Lengkung estetik-log (LAC) adalah keluarga lengkung estetik yang mempunyai graf kelengkungan logaritma (LCG) yang linear. Ia merangkumi lengkung estetik yang terkenal seperti klotoid, lingkaran logaritma dan bulatan menginvolusi. Walaupun LAC telah memainkan peranan penting dalam reka bentuk estetik, namun penggunaannya untuk reka bentuk berfungsi masih tidak jelas. Analisis hubungan di antara LAC dan corak aliran bendalir dapat membantu dalam rekaan bentuk kapal dengan lebih baik. Kami menangani masalah ini dengan menjelaskan hubungan antara LAC dan corak aliran dari perspektif garis arus dalam keadaan mantap. Dalam tesis ini, kita memperoleh persamaan aliran bendalir daripada persamaan Euler secara analitikal, yang menguraikan makna fizikal LAC bagi kes lingkaran logaritma, menganalisis garis arus yang dibentuk oleh aliran mantap di sekeliling hidrofoil yang dihasilkan dengan LAC berbagai bentuk dan mensimulasikan garis arus dalam keadaan mantap dengan menggunakan FreeFem ++. Selain itu, kami menganalisis bagaimana hidrofoil LAC mempengaruhi pekali seret dalam aliran bendalir mantap, dengan kedua-dua analisis unsur terhingga. Kami mendapati bahawa bentuk LAC yang mana parameter bentuknya, α , adalah negatif dan profil kelengkungannya hampir linear, menjanakan paling kurang seret. Analisis kluster juga telah dilakukan pada taburan pekali seret berbanding parameter bentuk dan nombor Reynolds. Kami mendapati bahawa eksperimen hidrofoil (ketebalan ≈ 0.2) dengan nombor Reynolds antara 30 dan 40, yang alirannya dijamin mantap, membentuk kluster. Ini bermakna

taburan pekali seret yang dijana oleh eksperimen dengan kedua-dua nombor Reynolds ini adalah serupa. Perkara yang sama dapat diperhatikan dalam eksperimen hidrofoil dengan ketebalan 0.3 unit. Walau bagaimanapun, hidrofoil dengan ketebalan 0.4 mempamerkan trend yang berbeza. Ini bermakna taburan pekali seret tidak bergantung semata-mata pada nombor Reynolds, tetapi ketebalan hidrofoil juga. Dapatan ini menunjukkan bahawa penilaian nombor Reynolds berdasarkan panjang rentas (atau panjang ciri) untuk objek diperkemas memerlukan perumusan semula.