

# NGHIÊN CỨU MÔ PHỎNG DÒNG LƯU CHẤT QUA VỎ TÀU CÁ CÓ XÉT ẢNH HƯỞNG CỦA CHÂN VỊT VÀ BÁNH LÁI

## SIMULATION STUDY OF FLUID FLOW PAST A FISHING BOAT, EFFECT OF PROPELER AND RUDDER

**Huỳnh Lê Hồng Thái<sup>1</sup>, Trần Đình Tứ<sup>\*</sup>**

<sup>1</sup>Khoa Kỹ thuật giao thông, Trường Đại học Nha Trang

<sup>\*</sup>Tác giả liên hệ: Trần Đình Tứ, Email: [tutd@ntu.edu.vn](mailto:tutd@ntu.edu.vn)

Ngày nhận bài: 13/4/2024; Ngày phản biện thông qua: 21/5/2024; Ngày duyệt đăng: 23/5/2024

### TÓM TẮT

Nghiên cứu này khảo sát đặc điểm trường dòng lưu chất có độ nhớt đi qua vỏ tàu cá Việt Nam có xét đến ảnh hưởng của chân vịt và bánh lái bằng phương pháp mô phỏng CFD (Computational Fluid Dynamics). Phương pháp mô phỏng CFD sử dụng kết hợp hai công cụ chính là OrCA3D Marine CFD và Simerics cho tác vụ xây dựng mô hình hình học, tạo lưới, thiết lập điều kiện biên, môi trường mô phỏng và giải hệ phương trình RANS (Reynolds Averages Naviers Stokes) của dòng lưu chất đi qua vỏ tàu cá. Có hai kết quả chính của nghiên cứu này. Kết quả thứ nhất về phương pháp mô phỏng CFD, sử dụng kết hợp bộ công cụ phần mềm mới, OrCA3D và Simerics giúp kiểm soát chủ động được thông tin đầu vào cho tàu mô phỏng như lượng chiếm nước, nghiêng dọc, vận tốc tàu, trạng thái dòng chảy quanh vỏ tàu; tiết kiệm khoảng 70% thời gian thao tác tạo lưới quanh chân vịt và cài đặt thông số so với sử dụng phần CFD tổng quát khác như StarCMM++, Ansys CFD, Open FOAM. Kết quả thứ hai về trường lưu chất, tại tốc độ khai thác tàu 10 knots, lực cản qua vỏ tàu khi có chân vịt và bánh lái tương ứng với ba chế độ tải tại mớn nước  $d = 1,848, 1,53$  và  $1,323\text{m}$  lần lượt tăng lên 13,95%, 9,5% và 7,53% so với trường hợp dòng lưu chất qua vỏ tàu không. Biểu đồ phân bố vận tốc và áp suất tại vùng đuôi tàu có sai khác rõ rệt khi có sự có chân vịt và bánh lái. Cụ thể, trong biểu đồ phân bố vận tốc dạng vector, kích vùng xoáy tại vùng đuôi tàu có xu hướng nhỏ hơn do có tác động của chân vịt.

**Từ khóa:** Phân bố vận tốc, Phân bố áp suất, CFD, dòng lưu chất, chân vịt.

### ABSTRACT

This study investigates the characteristics of the viscous fluid flow field passing through the hull of a Vietnamese fishing vessel, considering the influence of the propeller and rudder using the Computational Fluid Dynamics (CFD) simulation method. The simulation employs a combination of two main tools, Orca3D Marine CFD and Simerics, for creating geometric models, meshing, setting boundary conditions, and solving the Reynolds-Averaged Navier-Stokes (RANS) equations. There are two main results of this study. First, using the new software toolkit, Orca3D and Simerics, allows for proactive control of input information for the simulated ship, such as water displacement, trim, speed, and flow characteristics around the ship's hull. This approach saves about 70% of the time spent creating mesh around the propeller and setting parameters compared to using other general CFD software such as Star-CCM+, Ansys CFD, and OpenFOAM. Second, at the ship's operating speed of 10 knots, the resistance force through the ship's hull increases when introducing propellers and rudder. For the three load cases at drafts of 1.848 m, 1.53 m, and 1.323 m, the resistance force increases by 13.95%, 9.5%, and 7.53%, respectively, compared to the case of fluid flow through a bare hull. The velocity and pressure distribution in the stern significantly change when flow passes the hull with a propeller and a rudder. Specifically, in the vector velocity distribution, the vortex size at the ship's stern tends to be smaller due to the impact of the propeller.

**Keywords:** Velocity distribution, pressure distribution, viscous fluid flow, Computation Fluid Dynamics

### I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong thiết kế tàu thủy, việc chúng ta có thể dự đoán được sức cản và những đặc điểm thay

đổi của trường dòng bao quanh vỏ tàu đóng vai trò vô cùng quan trọng. Hiện nay đa phần kết quả dự đoán sức cản và đặc điểm thủy động

của dòng lưu chất qua vỏ tàu được thực hiện cho tàu không (barehull) mà chưa xét đến ảnh hưởng của các thành phần thiết bị gắn lên vỏ tàu như bánh lái, chân vịt.

Trong những năm gần đây, tại Việt Nam, việc ứng dụng phương pháp mô phỏng CFD để dự đoán sức cản cũng như đặc điểm thủy động dòng lưu chất qua vỏ tàu không đã bắt đầu từ mười năm trước. Cụ thể trong nghiên cứu [1], Toan LV (2015) đã thực hiện việc dự đoán sức cản của dòng lưu chất qua vỏ tàu cá có ký hiệu M1375 bằng công cụ OpenFOAM. Trong nghiên cứu này tác giả đã trình bày ảnh hưởng của mô hình rối K-omega đến sức cản tổng và đề xuất các hệ số cho mô hình rối khi sử dụng phương pháp CFD. Trong thời gian gần đây, tại các công trình [2,3,4,8] các tác giả đã sử dụng công cụ mô phỏng số để dự đoán sức cản qua vỏ tàu cao tốc và tàu cá bằng công cụ Ansys CFD. Tuy nhiên các nghiên cứu này đều thực hiện cho đối tượng tàu mà thân vỏ không có các thiết bị gắn lên. Đáng chú ý nhóm nghiên cứu TuTD, Chen J.H (2021) [8,5], đã công bố so sánh đặc điểm trường lưu chất và lực cản qua hai mẫu tàu cá theo mẫu truyền thống Ninh Thuận.

Trong lĩnh vực này, trên thế giới, tại công trình [9], Nasirudin, A và cộng sự (2023) dự đoán sức cản tàu một thân có một gờ góc với hình dáng mũi ngược bằng phân tích CFD. Nghiên cứu này sử dụng mô hình rối SST (Shear Stress Transport) trong phương pháp CFD với hệ số Reynolds từ 0,2 đến 0,7. Sergio Murilo và cộng sự (2022) tại công bố [10] sử dụng công cụ CFD phân tích lác dọc (Trim) và chuyển nhập nhô (Heave) của mẫu tàu Wigley khi tàu chạy trên sóng điều hòa. Mô hình rối SST k-omega kết hợp phương pháp VOF (Volume of Fluids) được sử dụng để mô phỏng dòng rối có mặt thoáng qua vỏ tàu. Dự đoán sức cản qua vỏ tàu có gắn thiết bị phụ như chân vịt và bánh lái, S. Neykov (2013) trong công bố [6] và Frisk, D.P., & Tegehall, L. (2015) trong công bố [7] trình bày kết quả mô phỏng CFD của dòng chảy thể và dòng chảy nhớt qua vỏ tàu DTMB 5415 bằng công cụ Shipflow. Kết quả của mô phỏng được so sánh với số liệu từ bề

thử với sai lệch tương đối dưới 10% đối với mô hình rối SST k-omega.

Hiện nay, sử dụng phần mềm CFD như Ansys CFD, Star C++, OpenFOAM, Ship Flow kết hợp với mô hình rối mang tính tiêu chuẩn công nghiệp như SST k-omega để mô phỏng dòng chảy thực qua vật thể như ô tô, tàu thủy, máy bay, nhà cao tầng được sử dụng khá rộng rãi. Nhược điểm chính của các phần mềm này thời gian để tạo mô hình 3D và lưới mô phỏng chiếm gần 80% nguyên công của quá trình mô phỏng. Các thao tác cài đặt, lựa chọn thông số đòi hỏi người dùng không những có chuyên môn chuyên ngành mà cần thêm kiến thức nền tảng về cơ học chất lỏng. Cụ thể mô phỏng dòng chảy qua vỏ tàu thủy [1, 8] thời gian để tạo lưới và cài đặt chiếm gần 75% cho tiền xử lý và cài đặt, và dòng chảy qua vỏ tàu không có thiết bị gắn lên vỏ tàu như chân vịt và bánh lái. Vì vậy, nhóm tác giả đặt hai mục tiêu trong nghiên cứu này là lựa chọn công cụ mô phỏng có thể thiết kế được thời gian tiền xử lý và mô phỏng dòng lưu chất qua vỏ tàu cá có gắn thiết bị chân vịt và bánh lái.

## II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 1. Lựa chọn mô hình tàu mô phỏng

Mẫu tàu được lựa chọn dùng để tính toán là mẫu tàu câu mực xà có ký hiệu MH076 đã được Trung tâm nghiên cứu thử nghiệm và Kiểm định, Viện khoa học công nghệ tàu thủy Việt Nam thử sức cản, lác ngang và trên sóng đối điều hòa [11]. Trong thực nghiệm, mẫu tàu được chế tạo bằng gỗ theo tỷ lệ 1:10. Các thông số chủ yếu của tàu và chân vịt được thể hiện trong Bảng 1.

Đặc điểm hình dáng đường sườn, vòm đuôi và vòm mũi của vỏ tàu theo mẫu truyền thống Việt nam được mô tả tại Hình 1, chân vịt tàu thủy như Hình 2.

### 2. Phương pháp nghiên cứu

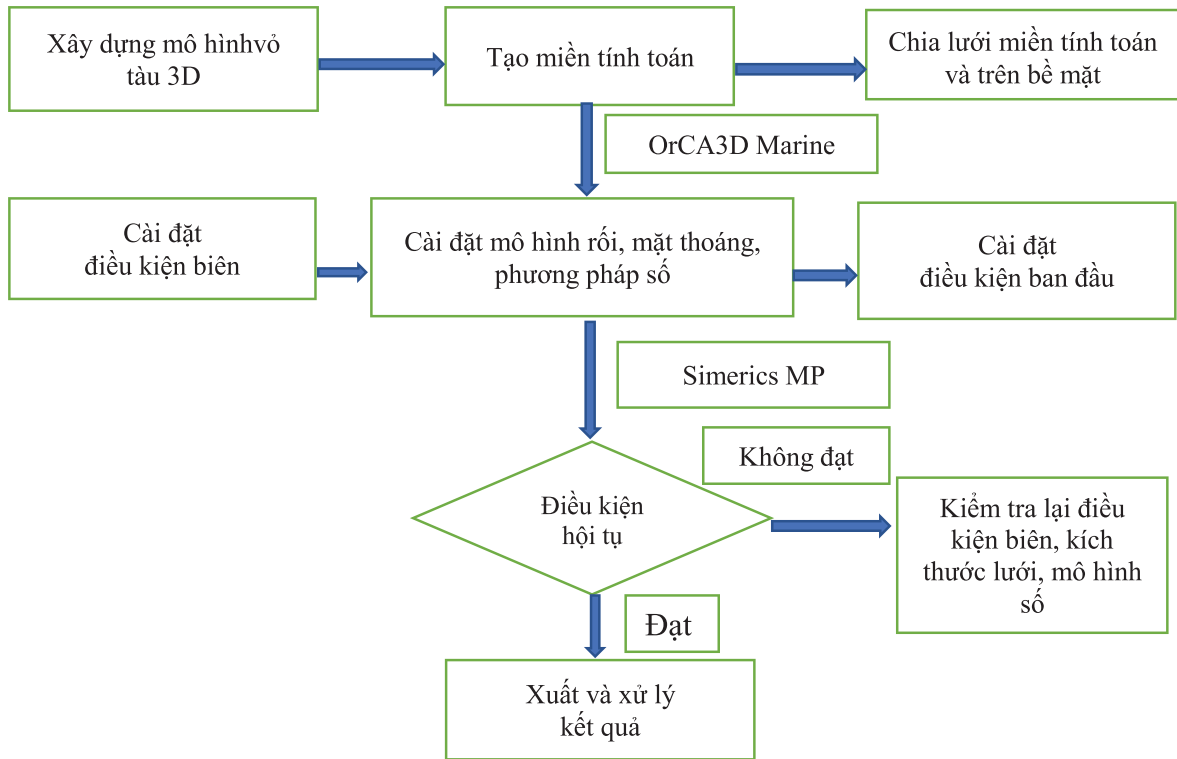
#### 2.1 Phương pháp CFD mô phỏng dòng lưu chất qua vỏ tàu cá

Phương pháp nghiên cứu được sử dụng là phương pháp mô phỏng số bằng công cụ CFD. Công cụ mô phỏng dùng Simerics để giải hệ phương trình chủ đạo bậc hai và OrCA3D



Bước tiếp theo sau khi có kích thước và lưới miền tính toán, phần mềm Simerics MP được sử dụng để cài đặt điều kiện biên, điều kiện ban đầu, mô hình rối, mô hình mặt thoáng, thời gian mô phỏng, môi trường chất lỏng. Tiến

hành chạy chương trình, trong quá trình chạy chương trình nếu điều kiện hội tụ về vận tốc, áp suất, các đại lượng của mô hình rối đạt yêu cầu 0.001 thì tiến hành xử lý và trình bày kết quả mô phỏng.



Hình 3. Các bước mô phỏng dòng lưu chất bằng phương pháp CFD.

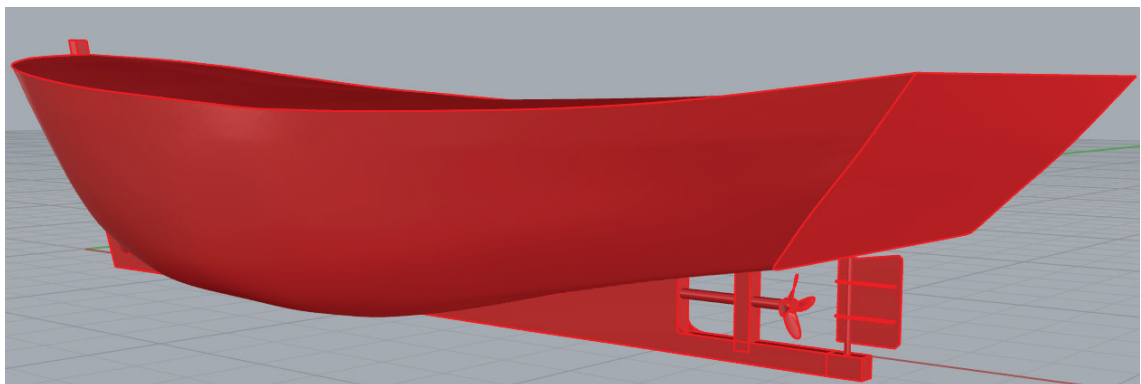
### 2.2 Mô hình hình học, kích thước và lưới chia miền tính toán

Hình 4 và Hình 5 trình bày mô hình 3D, kích thước và cấu trúc lưới chia được sử dụng trong nghiên cứu này. Trong đó L là kích thước chiều dài hai trụ  $L = 12.7$  m, lưới chia là lưới

có cấu trúc được phân bố dày tại mặt vỏ tàu và thưa dần ra ngoài miền tính toán với tỷ lệ dẫn dài,  $i=1,2$ .

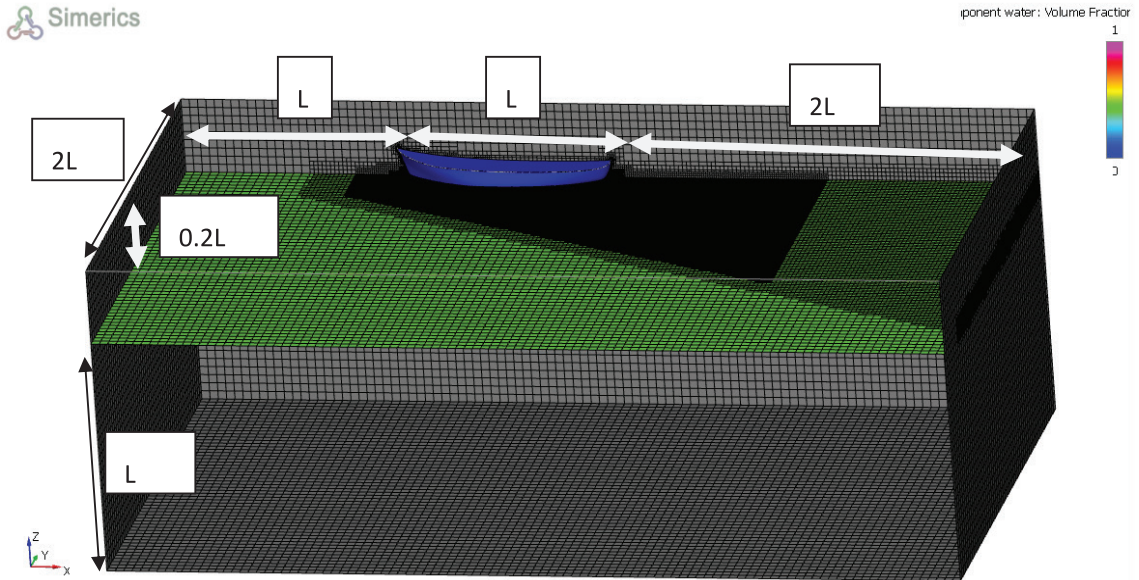
### 2.3 Mô hình rối, phương pháp giải

Như các công bố tại [1,8,9], các tác giả khảo sát tính hiệu quả của mô hình rối tiêu chuẩn



Hình 4. Mô hình 3D vỏ tàu, chân vịt, bánh lái tàu mô phỏng.





Hình 5. Kích thước và cấu trúc lưới miền tính toán.

như K-epsilon, SST k-omega của phương pháp RANS, phương pháp VOF (Volume of Fluids) trong dự đoán sức cản của dòng chảy thực có mặt thoáng qua vỏ tàu chạy chậm với hệ số Froude nhỏ hơn 0,5. Vì vậy, tác giả chọn mô hình rối K-epsilon và phương pháp VOF, các phương pháp này được tích hợp trong phần mềm Simerics để thực hiện mô phỏng.

### III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Kết quả mô phỏng dòng chảy nhớt qua vỏ tàu câu mực xà MH076 có xét ảnh hưởng của chân vịt và bánh lái bằng dụng cụ CFD tại chiều chìm và vận tốc như sau:

TH1: Mô phỏng dòng chảy nhớt qua vỏ tàu không (barehull) chạy trên nước tĩnh tại bốn giá trị tốc độ tàu là  $v = 6, 8, 10$  và  $12$  knots. Với các giá trị tốc này, có ba giá trị môn nước khác nhau được khảo sát lần lượt là  $d = 1,848$  m;  $1,530$  m và  $1,323$  m. Các giá trị môn nước này ứng với các trạng thái tải trọng tàu khai thác:

khí tàu về bến với 100% hải sản, 10% dự trữ; khí tàu xuất bến với 100% dự trữ;; và khí tàu đang khai thác với 20% hải sản, 70% đá.

TH2: Mô phỏng dòng chảy nhớt qua vỏ tàu có gắn chân vịt và bánh lái trên nước tĩnh tại bốn giá trị tốc độ  $v = 6, 8, 10$  và  $12$  knots. Các giá trị môn nước tương ứng với các tốc độ này được khảo sát như TH1.

#### 1. Lực thủy động

Giá trị lực thủy động tác dụng lên bề mặt vỏ tàu là giá trị được lấy theo phương chuyển động của tàu. Trong chuyên ngành kỹ thuật tàu thủy, lực này gọi là lực cản. Bảng 2 trình bày lực cản và hệ số lực cản của tàu mô phỏng cho các giá trị vận tốc từ 6 đến 12 knots. Từ giá trị và đồ thị ta có nhận xét như sau: Khi so sánh giá trị sức cản từ mô phỏng và giá trị thực nghiệm, sai số lớn nhất khi tàu chạy 10 knots, và sai số nhỏ nhất tại 12 knots. Cụ thể, tại 10 knots sai số gần 12% và tại 12 knots sai số gần 2%.

Bảng 2. Lực cản và hệ số lực cản mô phỏng và thực nghiệm tại chiều chìm  $d=1.848$ m

V [knots]	$F_n$	$R_n [10^{-8}]$	$R_{CFD-TK}(N)$	$P_E [kW]$	$C_T [10^{-3}]$	$R_T$	Sai số (%)
6	0.461	4.12E-07	5.49	16.933	0.00793	5.3	3.51
8	0.615	5.50E-07	13.74	56.559	0.01117	12.3	11.73
10	0.768	6.87E-07	33.21	170.866	0.01728	29.44	12.82
12	0.922	8.25E-07	78.52	484.718	0.02837	77.09	1.85

Bảng 3 trình bày lực cản và hệ số lực cản của tàu mô phỏng cho các giá trị vận tốc từ 6 đến 12 knots. Khi so sánh giá trị sức cản từ mô phỏng và giá trị thực nghiệm, sai số lớn nhất

khí tàu chạy 10 knots, và sai số nhỏ nhất tại 6 knots. Cụ thể, tại 10 knots sai số gần 16% và tại 6 knots sai số gần -12%.

**Bảng 3. Lực cản và hệ số lực cản mô phỏng và thực nghiệm tại chiều chìm d=1.53m**

V [knots]	Fn	Rn [10 <sup>-8</sup> ]	R <sub>CFD-TK</sub> (N)	P <sub>E</sub> [kW]	C <sub>T</sub> [10 <sup>-3</sup> ]	R <sub>T</sub>	Sai số (%)
6	0.466	4.22E-07	4.2864	13.231	0.0069	4.9	-12.52
8	0.622	5.63E-07	10.9271	44.971	0.0099	11.5	-4.98
10	0.777	7.03E-07	29.8491	153.559	0.0173	25.55	16.83
12	0.933	8.44E-07	72.4521	447.271	0.0291	71.56	1.25

Bảng 4 trình bày lực cản và hệ số lực cản của tàu mô phỏng cho các giá trị vận tốc từ 6 đến 12 knots. Khi so sánh giá trị sức cản từ mô phỏng và giá trị thực nghiệm, sai số lớn nhất

khí tàu chạy 10 knots, và sai số nhỏ nhất tại 6 knots. Cụ thể, tại 10 knots sai số gần 9% và tại 6 knots sai số gần -19%.

**Bảng 4. Lực cản và hệ số lực cản mô phỏng và thực nghiệm tại chiều chìm d=1.323m**

V [knots]	Fn	Rn [10 <sup>-8</sup> ]	R <sub>CFD-TK</sub> (N)	P <sub>E</sub> [kW]	C <sub>T</sub> [10 <sup>-3</sup> ]	R <sub>T</sub>	Sai số (%)
6	0.470	4.28E-07	3652.478	11.274	0.0063	4.56	-19.90
8	0.626	5.71E-07	9258.285	38.103	0.0090	10.85	-14.67
10	0.783	7.14E-07	27390.84	140.911	0.0171	24.93	9.87
12	0.940	8.57E-07	68522.71	423.013	0.0296	68.8	-0.40

Bảng 5 so sánh kết quả sai khác giữa sức cản khi tàu không có chân vịt và tàu có chân vịt tại vận tốc 10 knots với ba chiều chìm d = 1,848, 1,53 và 1,323 m. Tại chiều chìm d =

1,848m tức chiều chìm 100% tải và dự trữ, sức cản tàu khi có chân vịt lớn hơn 13,95%, tại chiều chìm d = 1,52m à d = 1,323m sức cản lớn hơn lần lượt là 9,5% và 7,35%.

**Bảng 5. So sánh kết quả v = 10 knots tại các chiều chìm**

V (knot)	d (m)	Không có chân vịt	Có chân vịt	Sai số (%)
		R <sub>CFD-TK</sub> (N)	R <sub>CFD-TK</sub> (N)	
10	1.848	37.84	33.21	13.95
	1.53	32.68	29.85	9.50
	1.323	29.40	27.39	7.35

## 2. Phân bố áp suất lên bề mặt vỏ tàu

Khi tàu di chuyển, bề mặt đáy tàu là nơi tiếp xúc trực tiếp với mặt nước do đó chịu áp lực lớn nhất, vì vậy bề mặt đáy tàu là khu vực được sử dụng để khảo sát áp suất tại các vận tốc. Hình 6 trình bày biểu đồ phân bố áp suất với các giá trị môn nước d = 1,848m, 1,53m và 1,323 m cho các giá trị vận tốc lần lượt là 6,8,10,12 knots

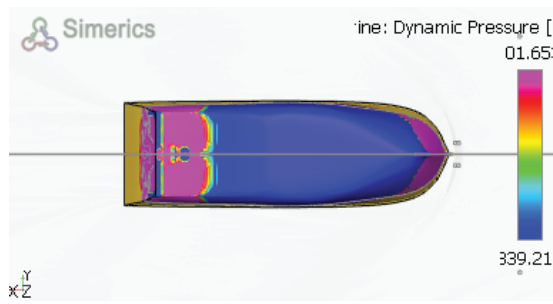
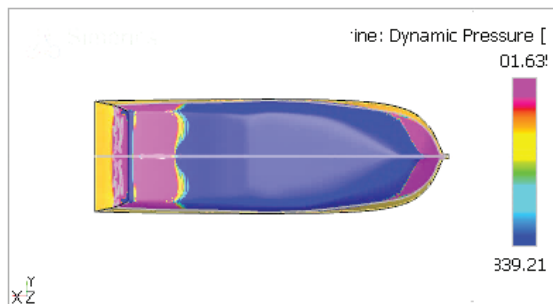
Quan sát có thể thấy phổ màu của đường bao áp suất từ kết quả Simerics, phân bố áp suất lớn nhất ở khu vực đáy và đuôi tàu. Đối

với áp suất trên bề mặt đáy ở phía đuôi tàu, áp suất phân bố có xu hướng giảm khi giảm khi tốc độ tàu tăng.

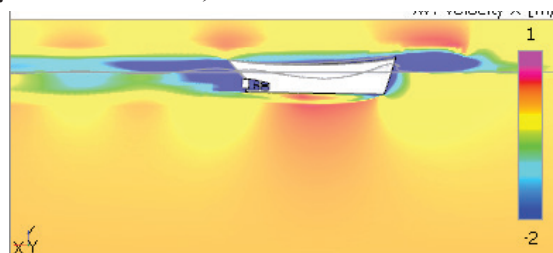
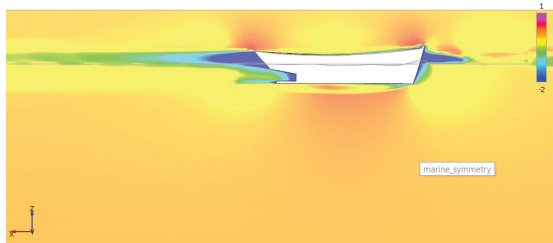
## 3. Phân bố vận tốc của dòng lưu chất quanh bề mặt vỏ tàu, vị trí dọc tâm

Hình 7. Mô tả biểu đồ phân bố vận tốc theo phương Ux tại mặt cắt y/Lpp = 0 khi tàu chạy tại vận tốc 10 knots và chiều chìm 1,848m. Từ biểu đồ này cho thấy, vùng xoáy xuất hiện sai khác rõ ràng khi tàu có chân vịt so với tàu không có chân vịt.

## 4. Mặt thoáng



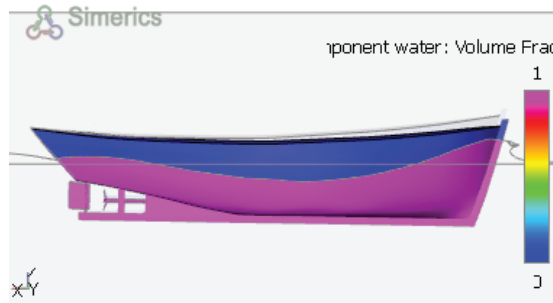
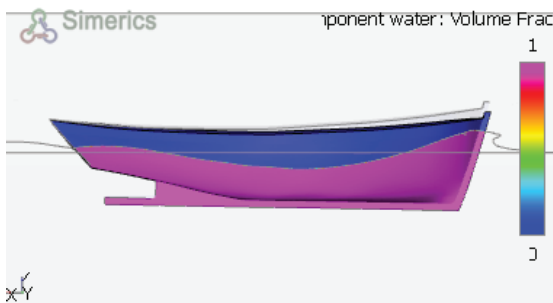
Hình 6. Phân bố áp suất lên bề mặt vỏ tàu tại chiều chìm  $d=1,848m$  và  $v=10knots$ .



Hình 7. Phân bố vận tốc trên mặt cắt dọc tâm tại  $d=1,848m$  và  $v=10knots$ .

Hình 8 mô tả biên dạng sóng trên bề mặt vỏ tàu khi tàu chạy tại vận tốc 10 knots với chiều chìm 1,848m. Với đại lượng này, không có sự

sai khác giữa tàu có chân vịt và tàu không có chân vịt



a) Vỏ tàu không có chân vịt

b) Vỏ tàu có chân vịt và bánh lái

Hình 8. Biên dạng sóng của mặt thoáng lên bề mặt vỏ tàu tại  $d=1,848m$  và  $v=10knots$

Hình 9. là biểu đồ phân bố độ cao mặt thoáng (free surface) tại chiều chìm 1,848m khi tàu chạy lần lượt vận tốc từ 6 knots đến 12 knots. Hình dáng sóng ngang và sóng dọc của hệ thống sóng Kevin được thu được khá rõ ràng bằng công cụ Simerics.

#### IV. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết quả nghiên cứu đã ứng dụng công cụ CFD, Simerics kết hợp OrCA3D Marine để mô phỏng dòng chảy thực qua vỏ tàu cá có và không có gắn bánh lái và chân vịt. Từ kết quả nghiên cứu, các kết luận được rút ra như sau:

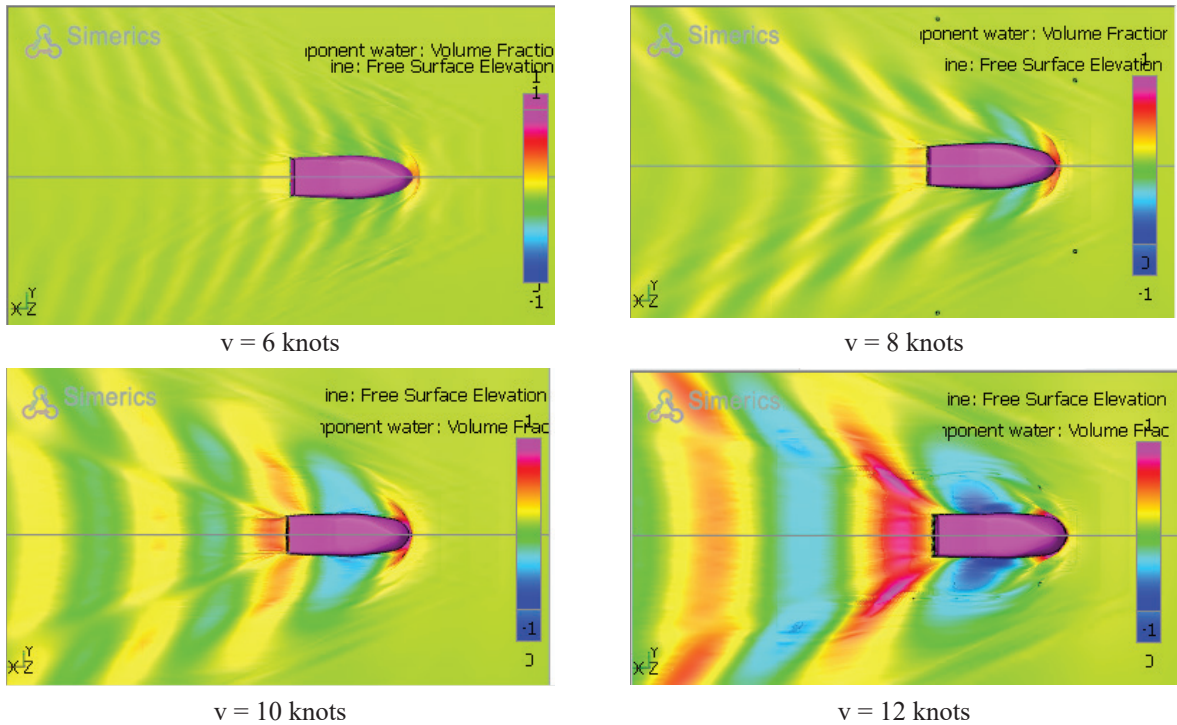
Phương pháp mô phỏng bằng công cụ CFD mới có ưu điểm:

+ Kiểm soát được các thông số hình học và thông tin trạng thái cho mô hình tàu khi đưa vào mô phỏng.

+ Tiết kiệm thời gian để thao tác khi xây dựng mô hình và cài đặt thông số cho quá trình mô phỏng. Cụ thể, khi so sánh với các công cụ CFD phổ quát khác như StarCMM+, Ansys CFD, Open FOAM, thì công cụ này tiết kiệm đến 70% thời gian cho việc này.

Đặc điểm thủy động của dòng lưu chất khi qua vỏ tàu được trình bày chi tiết như:

+ Lực cản khi có chân vịt và bánh lái tăng lên ở các dải tốc độ so với trường hợp tàu không có chân vịt và bánh lái, cụ thể xét tại vận



Hình 9. Biểu đồ phân bố độ cao mặt thoáng khi tàu chạy với vận tốc khác nhau tại  $d = 1.848m$ .

tốc 10 kn, tại chiều chìm  $d = 1,848m$ ,  $1,53m$  và  $1,323m$  thì sai số lực cản giữa mô phỏng tàu có và không có chân vịt và bánh lái lần lượt là 13,95%, 9,5% và 7,35%.

+ Áp suất phân bố tại vùng đáy tàu, khu vực đuôi, khi có chân vịt và bánh lái có phần tăng lên rất rõ rệt so với trường hợp tàu không có chân vịt và bánh lái.

+ Quan sát trường dòng tại biểu đồ phân bố vận tốc tại đuôi tàu, vùng xoáy mặt cắt dọc tâm tại khu vực phía sau đuôi tàu của vỏ tàu khi có chân vịt có xu hướng lớn hơn. Về mặt định lượng những thông tin này sẽ được thực hiện trong bài báo tiếp theo.

+ Biên dạng sóng trên bề mặt vỏ tàu có và không có chân vịt thì xu hướng phát triển giống nhau.

### Lời cảm ơn

Nghiên cứu này là một phần kết quả của đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ (Mã số: B2022-TSN-06) „Nghiên cứu thiết kế, chế tạo và thực nghiệm thiết bị đo tự động các thông số hình học chân vịt tàu thủy theo công nghệ đo hiện đại „. Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Bộ Giáo dục và Đào tạo, Trường Đại học Nha Trang đã hỗ trợ kinh phí, tạo điều kiện về thời gian và cơ sở vật chất để hoàn thành nghiên cứu này.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Lê Văn Toàn (2017), “Ứng dụng CFD (Computational Fluid Dynamics) xác định sức cản một số mẫu tàu cá vỏ gỗ Việt Nam”, *Luận án Tiến sĩ*, Trường Đại Học Nha Trang.
2. Nguyễn Thanh Bình (2015), “Nghiên cứu mô phỏng số động lực học mẫu tàu đánh cá thực nghiệm M1317”, *Luận văn thạc sĩ*, Trường Đại học Nha Trang.
3. Nguyễn Văn Hiền (2020), “Ứng dụng lý thuyết CFD để tính toán sức cản tàu cao tốc vỏ composite”, *Luận văn thạc sĩ*, Trường Đại học Nha Trang.



4. Nguyễn Huỳnh Trọng Tú (2020), “Mô phỏng đặc điểm trường dòng bao quanh vỏ tàu cao tốc Long Phú 22 bằng công cụ CFD”, *Luận văn tốt nghiệp*, Trường Đại học Nha Trang, 2020.
5. Huynh Van Chinh, Tran Dinh Tu, Tran Gia Thai (2020), “Resistance and Hull Form Optimization for Vietnamese Fishing Vessel”, *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*, 12(SP3), 720-732.
6. S. Neykov (2013),” Numerical Investigation of flow around an Appended ship hull”, *Dunare de jos University*.
7. Frisk, D.P., & Tegehall, L. (2015), “Prediction of High-Speed Planing Hull Resistance and Running Attitude - A Numerical Study Using Computational Fluid Dynamics.
8. Tran Dinh Tu, Chen Jiahn-Horng (2021),” Effects of Computational Geometry to the the Laminar Viscous Flow Around the Vertical Circular Cylinder”, Effects of Computational Geometry to the the Laminar Viscous Flow Around the Vertical Circular Cylinder”, *Proceedings of the 2nd Annual International Conference on Material, Machines and Methods for Sustainable Development (MMMS2020)*, 901-908.
9. Nasirudin, A., Utama, I. K. A. P., Sutiyo, & Priyasambada, A. K. (2023), “CFD Analysis into the Resistance Estimation of Hard-Chine Monohull using Conventional against Inverted Bows”, *CFD Letters*, 15(6), 54–64.
10. Sergio Murilo Daruis Rocha Filho, Roger Matsumoto Moreira, Marcio Zamboti Fortes, & Rafael Eitor dos Santos. (2022), “CFD Analysis of the Heave and Pitch Motion of Hull Model”, *CFD Letters*, 14(4), 14–31
11. Viện KHCN tàu thủy (2011), “Kết quả thử nghiệm mô hình tàu câu mực xà - MH076 (Phần sức cản)”, *Báo cáo kỹ thuật số 27/2011*.