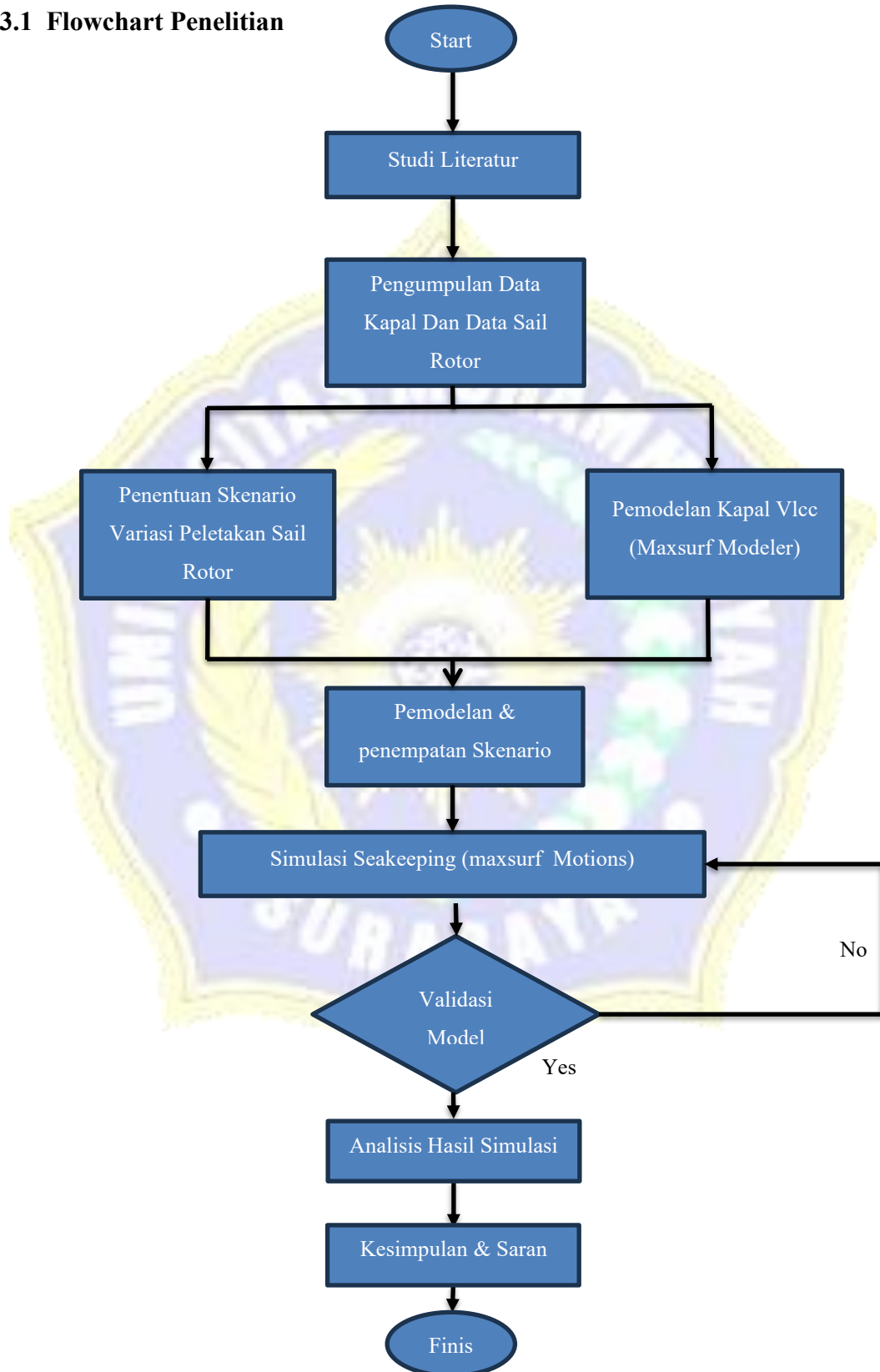


# BAB III

## METODE PENELITIAN

### 3.1 Flowchart Penelitian



### **3.2 Pendekatan dan Jenis Penelitian**

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif numerik dengan bantuan simulasi komputer untuk menganalisis pengaruh variasi skenario peletakan sail rotor terhadap gerakan pitching, rolling, dan heaving pada kapal *Very Large Crude Carrier (VLCC)*.

Jenis penelitian yang dilakukan adalah eksperimen numerik berbasis simulasi dinamis menggunakan perangkat lunak Maxsurf Motions. Melalui pendekatan ini, perilaku hidrodinamik kapal dalam kondisi gelombang irregular dapat dianalisis secara sistematis dengan variasi penempatan sail rotor.

Penelitian ini bersifat eksplanatif, yaitu bertujuan untuk menjelaskan hubungan sebab-akibat antara posisi penempatan sail rotor dengan respons dinamis kapal terhadap gelombang laut.

### **3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada semester tujuh tahun akademik 2025/2026, dimulai dari bulan September hingga Desember 2025. Seluruh kegiatan penelitian dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Muhammadiyah Surabaya, dengan dukungan perangkat lunak Maxsurf Motions serta fasilitas penunjang lain yang diperlukan untuk melakukan simulasi hidrodinamika kapal. Dalam kurun waktu tersebut, penelitian dilaksanakan melalui beberapa tahapan utama yang disusun secara sistematis, meliputi:

1. Perencanaan awal: penyusunan rancangan penelitian, studi literatur, dan penentuan variabel penelitian.
2. Pemodelan kapal: pembuatan model geometri VLCC pada Maxsurf Modeler.
3. Simulasi variasi rotor: penempatan variasi posisi sail rotor sesuai skenario penelitian.
4. Pelaksanaan simulasi: pengujian respons gerakan pitching, rolling, dan heaving dalam kondisi gelombang reguler.
5. Pengolahan dan analisis data: perhitungan nilai Response Amplitude Operator (RAO) untuk setiap konfigurasi.
6. Penyusunan laporan penelitian: pengintegrasian hasil analisis ke dalam naskah skripsi.

Untuk memastikan kelancaran penelitian, jadwal kegiatan disusun secara terperinci sesuai urutan tahapan. Jadwal penelitian ini ditampilkan dalam bentuk tabel agar memudahkan pemantauan proses serta pencapaian target penelitian.

**Tabel 3.1 Waktu Penelitian**

No	Kegiatan	Sep-25				Okt-25				Nov-25				Des-25			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Perencanaan awal & studi literatur	■	■														
2	Pemodelan kapal VLCC di Maxsurf Modeler			■	■	■											
3	Penentuan Skenario & penempatan sail rotor				■	■											
4	Simulasi				■	■	■	■	■								
5	Pengolahan & analisis data RAO								■	■	■						
6	Penyusunan laporan & penulisan skripsi								■	■	■						
7	Finalisasi dan penyusunan kesimpulan											■	■	■	■	■	■

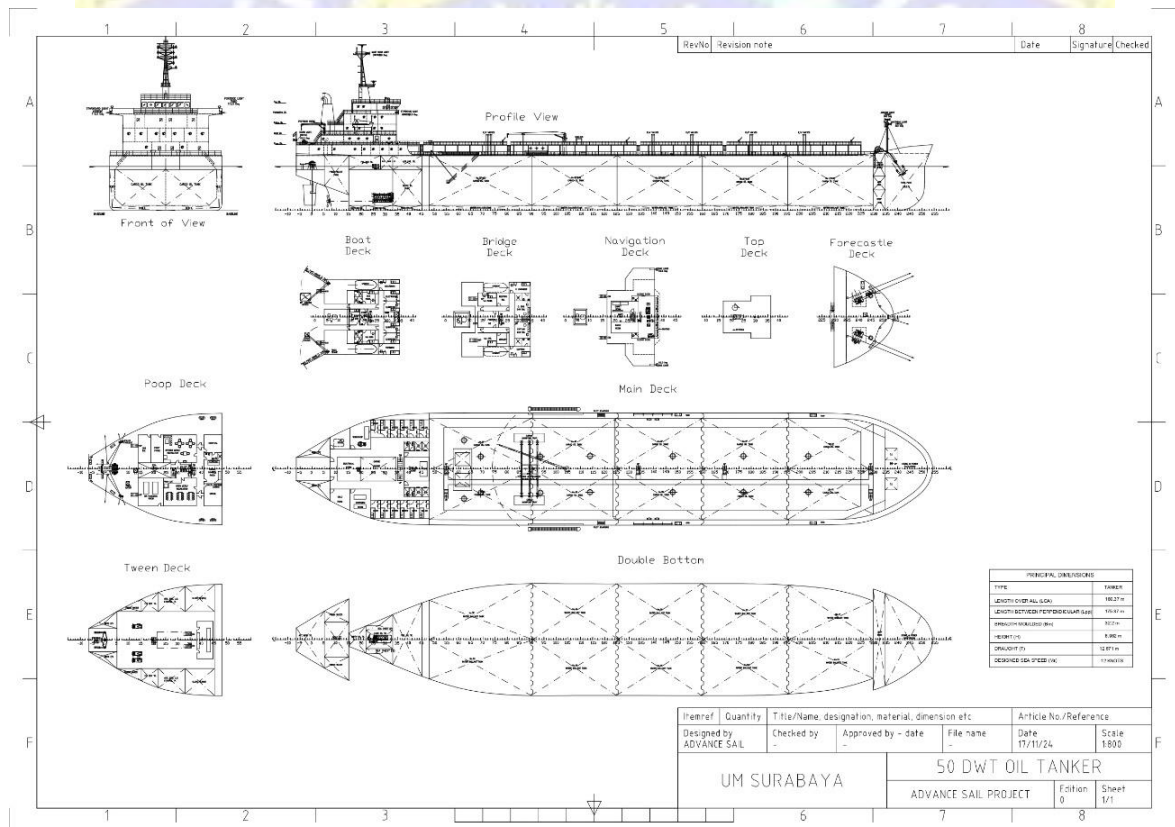
### 3.4 Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah kapal tanker tipe *Very Large Crude Carrier (VLCC)* yang dimodelkan secara numerik untuk menganalisis pengaruh penempatan sail rotor terhadap karakteristik gerakan kapal (*seakeeping*). Pemilihan VLCC sebagai objek penelitian didasarkan pada tingginya konsumsi bahan bakar dan emisi yang dihasilkan pada operasi pelayaran jarak jauh, sehingga teknologi

propulsi tambahan seperti sail rotor memiliki potensi besar untuk meningkatkan efisiensi operasional.

**Tabel 3.2 Data Kapal**

No	Dimensi Kapal	Nilai	Unit
1	Ship type		Tanker
2	Displacement ( $\Delta$ )	62199	Ton
3	Length Overall (LOA)	180.37	m
4	Length Between Perpendicular (LPP)	175.37	m
5	Breadth Moulded (B)	32.2	m
6	Height (H)	8.962	m
7	Draught (T)	12.671	m
8	Servis Speed (Vs)	12	.Knots



**Gambar 3.1 General Arrangement**

### 3.5 Metode Pengumpulan Data

Data penelitian ini diperoleh melalui simulasi numerik menggunakan perangkat lunak Maxsurf Motions. Input yang digunakan dalam simulasi mencakup.

#### 3.5.1 Data Kapal

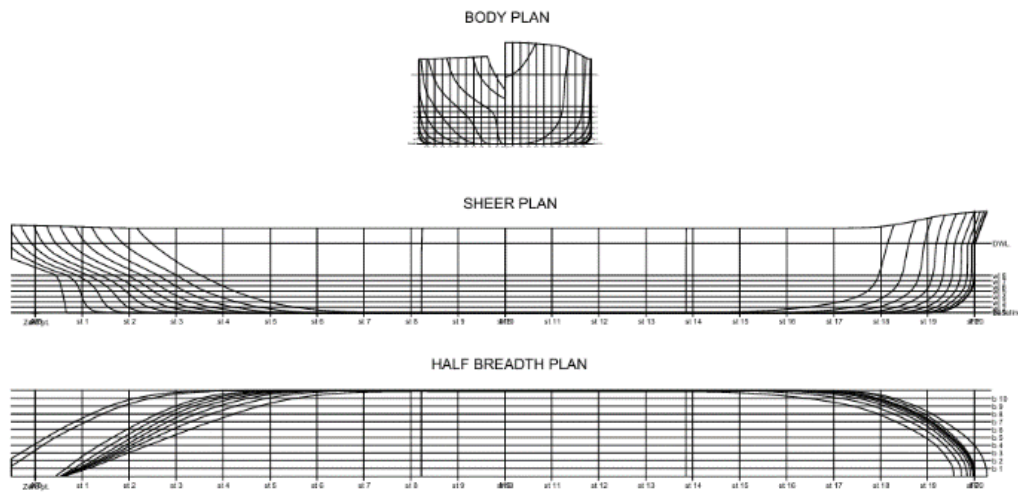
Dalam penelitian ini, diperlukan data teknis kapal sebagai dasar pemodelan numerik dan simulasi hidrodinamika. Data ukuran utama kapal digunakan sebagai acuan dalam pembangunan model, serta menjadi parameter dasar dalam penentuan variasi penempatan sail rotor yang dianalisis pada setiap skenario. Data tersebut juga memastikan bahwa seluruh rotor yang diuji tetap memenuhi batasan stabilitas dan karakteristik fisik kapal.

Objek yang digunakan pada penelitian ini adalah kapal jenis *Very Large Crude Carrier (VLCC)* dengan ukuran utama (main dimensions) sebagaimana terdapat pada data eksisting kapal.

Ukuran utama ini menjadi referensi dalam pemodelan bentuk lambung, penentuan posisi peletakan rotor, serta sebagai input utama dalam perangkat lunak Maxsurf Motions untuk memperoleh nilai respons gerakan (rolling, pitching, dan heaving). Berikut merupakan Tabel ukuran utama kapal VLCC yang digunakan dalam penelitian:

**Tabel 3.3** Ukuran Utama Kapal

No	Dimensi Kapal	Nilai	Unit
1	<i>Ship type</i>		Tanker
2	<i>Displacement (<math>\Delta</math>)</i>	62199	Ton
3	<i>Length Overall (LOA)</i>	180.37	m
4	<i>Length Between Perpendicular (LPP)</i>	175.37	m
5	<i>Breadth Moulded (B)</i>	32.2	m
6	<i>Depth (D)</i>	8.962	m
7	<i>Draught (T)</i>	12.671	m
8	<i>Servis Speed (Vs)</i>	12	Knots

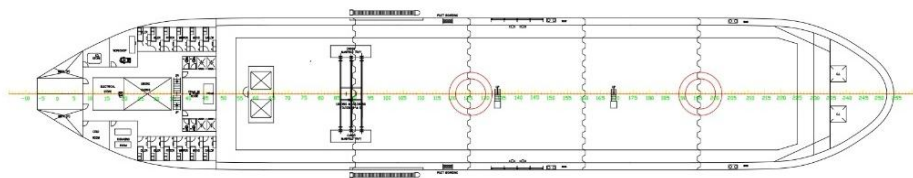


**Gambar 3.1** Lines Plan

### 3.5.2 Skenario Variasi Peletakan Model Sail Rotor

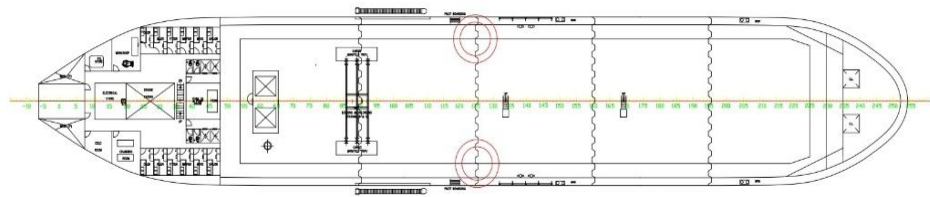
Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan tiga skenario peletakan sail rotor pada satu kapal dengan model berdasarkan perbedaan posisi pemasangan sail rotor. Model dasar yang digunakan adalah model kapal VLCC yang telah dibangun pada Maxsurf Modeler Advanced menggunakan data ukuran utama kapal. Setelah model dasar selesai, dilakukan pembuatan beberapa variasi penempatan rotor untuk menganalisis pengaruhnya terhadap respons gerakan kapal. Berikut skenario peletakan Sail Rotor pada kapal:

1. Skenario 1 penempatan sejajar di sepanjang (centerline) kapal



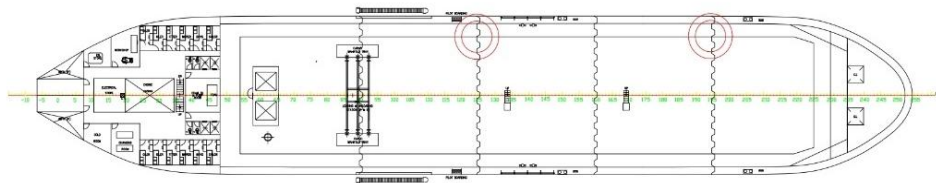
**Gambar 3.2** Skenario 1

2. Skenario 2 penempatan secara simetris kanan-kiri terhadap centerline



Gambar 3.3 Skenario 2

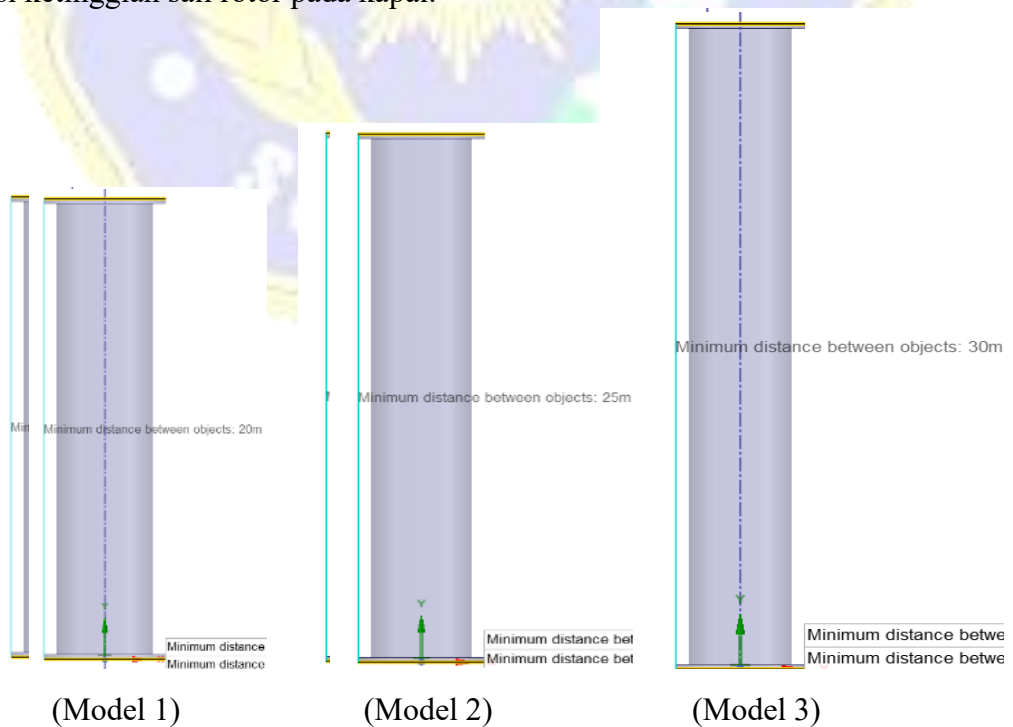
3. Skenario 3 penempatan pada sisi kiri (port side)



Gambar 3.4 Skenario 3

3.4.3 Variasi Ukuran Model Sail Rotor

Perbandingan tiga model dengan ketinggian model satu 20 meter, model dua 25 meter, model tiga 30 meter dan diameter 4 pada masing-masing rotor. Berikut variasi ketinggian sail rotor pada kapal:



**Gambar 3.5** Variasi Ukuran Model Sail Rotor

### 3.6 Analisis Performa Seakeeping

Dalam penelitian ini, analisis performa seakeeping dilakukan untuk menilai pengaruh variasi penempatan dan ukuran sail rotor terhadap respons gerakan kapal VLCC. Untuk memperoleh hasil yang akurat, diperlukan data lengkap dari model kapal dan model sail rotor yang sebelumnya telah dibangun pada Maxsurf Modeler Advanced. Data ini menjadi dasar dalam proses simulasi menggunakan Maxsurf Motions Advanced, yang merupakan perangkat lunak khusus untuk analisis gerakan kapal terhadap gelombang.

Pada tahap simulasi, dilakukan proses input data sebagai parameter utama yang diperlukan untuk menjalankan perhitungan *seakeeping*. tersebut meliputi:

1. Remote Location yakni bagian kapal yang dianalisa.
2. Speed

**Tabel 3.4** Speed Kapal

No	Nama	<i>Knot</i>
1	Service Speed 25%	3
2	Service Speed 45%	7
3	Service Speed 75%	9
4	Service Speed 100%	12

3. Wave Heading

**Tabel 3.5** Sudut Gelombang

No	Nama	<i>Heading (deg)</i>
1	Following Sea	0

2	Quarter Sea	45
3	Beam Sea	60
4	Quarter Sea	90
5	Head Sea	180

4. Sea State 6 ("Very Rough Sea"): Spectra dengan type JONSWAP di gelombang 6 meter.

### 3.7 Penilaian Parameter NORDFORSK

Setelah analisis *seakeeping* dilakukan untuk seluruh variasi penempatan dan ukuran sail rotor, tahap berikutnya adalah melakukan penilaian kinerja gerakan kapal berdasarkan standar NORDFORSK (1987). Standar ini digunakan secara luas dalam evaluasi performa olah gerak kapal karena memberikan batasan nilai respon gerakan yang dapat diterima untuk berbagai tipe kapal, termasuk kapal tanker berskala besar seperti VLCC.

Penilaian dilakukan dengan membandingkan hasil respons gerakan kapal terhadap kriteria batas (*limiting criteria*) yang ditetapkan NORDFORSK. Parameter yang dinilai meliputi tiga jenis gerakan utama yang relevan terhadap kenyamanan dan keselamatan operasi kapal, yaitu:

1. Heave
2. Roll
3. Pitch

Selain parameter gerakan, NORDFORSK juga mempertimbangkan pengaruh arah datang gelombang (*wave heading*) terhadap respons kapal. Dalam penelitian ini, penilaian dilakukan pada lima kondisi heading yang digunakan dalam studi dinamika kapal, yaitu:

1. 0° – Following Sea Gelombang datang dari belakang kapal.
2. 45° – Quartering Sea Gelombang datang dari arah belakang.
3. 60° – Beam Sea Gelombang datang dari arah samping kapal.

4. 90° – Quartering Sea Gelombang datang dari arah belakang.
5. 180° – Head Sea Gelombang datang dari depan kapal.

**Tabel 3.6** Criteria NORDFORSK 1987

No	Criteria	Nilai
1	<i>Heave</i>	$\leq 2.698$
2	<i>Roll</i>	$< 6$
3	<i>Pitch</i>	$\leq 1.472$

