

**KARYA ILMIAH TERAPAN**  
**ANALISIS PENGARUH SUHU DAN TEKANAN PADA *CARGO***  
***HEATER* TERHADAP KECEPATAN ALIRAN PADA**  
**BONGKAR MUAT LPG DI KAPAL PERTAMINA GAS 2**



MUHAMMAD FHARHAN FAZLIH

NIT. 0921016105

disusun sebagai salah satu syarat  
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA  
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN  
TEKNOLOGI REKAYASA OPERASI KAPAL  
TAHUN 2025

**KARYA ILMIAH TERAPAN**  
**ANALISIS PENGARUH SUHU DAN TEKANAN PADA CARGO**  
**HEATER TERHADAP KECEPATAN ALIRAN PADA**  
**BONGKAR MUAT LPG DI KAPAL PERTAMINA GAS 2**



**MUHAMMAD FHARHAN FAZLIH**

**NIT. 0921016105**

disusun sebagai salah satu syarat  
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

**POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA**  
**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN**  
**TEKNOLOGI REKAYASA OPERASI KAPAL**  
**TAHUN 2025**

### PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Fharhan Fazlih

Nomor Induk Taruna : 09.21.016.1.05

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Operasi Kapal

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul :

**“ANALISIS PENGARUH SUHU DAN TEKANAN PADA *CARGO HEATER*  
TERHADAP KECEPATAN ALIRAN PADA BONGKAR MUAT LPG DI  
KAPAL PERTAMINA GAS 2”**

Merupakan karya asli seluruh ide yang ada dalam KIT tersebut, kecuali tema dan yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide saya sendiri. Jika pernyataan di atas terbukti tidak benar, maka saya sendiri menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Pelayaran Surabaya.

Surabaya, 20 Mei 2025

  
METERAI TEMPEL  
7C778AMX307614371

Muhammad Fharhan Fazlih

**PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN  
PROPOSAL TUGAS AKHIR**

Judul : **ANALISIS PENGARUH SUHU DAN TEKANAN PADA  
CARGO HEATER TERHADAP KECEPATAN ALIRAN  
PADA BONGKAR MUAT LPG DI KAPAL PERTAMINA  
GAS 2**

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Operasi Kapal

Nama : MUHAMMAD FHARHAN FAZLIH


NIT : 0921016105

Jenis Tugas Akhir : Karya Ilmiah Terapan

Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk  
dilaksanakan Uji Kelayakan Proposal


Surabaya, 19 Desember 2024

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing I                      Dosen Pembimbing II

  
(Capt. Tri Haryanto, M.Mar.)  
Penata Tk. I (III/d)  
NIP. 197310282002121007

  
(Henna Nurdiansari, S.T., M.T., M.Sc.)  
Penata Tk. I (III/d)  
NIP. 198512112009122003

Ketua Program Studi  
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Operasi Kapal

  
(Anak Agung Istri Sri Wahyuni, S.Si.T., M.Adm, SDA)  
Penata Tk. I (III/d)  
NIP. 197812172005022001



**PERSETUJUAN SEMINAR  
HASIL TUGAS AKHIR**

Judul : **ANALISIS PENGARUH SUHU DAN TEKANAN PADA  
CARGO HEATER TERHADAP KECEPATAN ALIRAN  
PADA BONGKAR MUAT LPG DI KAPAL PERTAMINA  
GAS 2**

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Operasi Kapal

Nama : MUHAMMAD FHARHAN FAZLIH

NIT : 0921016105

Jenis Tugas Akhir : Karya Ilmiah Terapan


Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk  
dilaksanakan Seminar Hasil Tugas Akhir


Surabaya, 18 Maret 2025

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

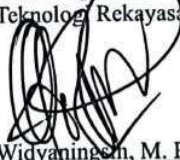
Dosen Pembimbing II

  
(Capt. Tri Haryanto, M.Mar.)  
Penata Tk. I (III/d)  
NIP. 197310282002121007

  
(Henna Nurdiansari, S.T., M.T., M.Sc.)  
Penata Tk. I (III/d)  
NIP. 198512112009122003

Mengetahui

Ketua Program Studi  
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Operasi Kapal

  
(Capt. Upik Widyaningsih, M. Pd, M. Mar.)  
Penata Tk. I (III/d)  
NIP.198404112009122002

**PENGESAHAN  
PROPOSAL TUGAS AKHIR  
KARYA ILMIAH TERAPAN**

**ANALISIS PENGARUH SUHU DAN TEKANAN PADA *CARGO HEATER*  
TERHADAP KECEPATAN ALIRAN PADA BONGKAR MUAT LPG  
DI KAPAL PERTAMINA GAS 2**

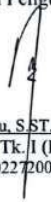
Disusun oleh:

MUHAMMAD FHARHAN FAZLIH  
NIT. 0921016105


Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Hasil Tugas Akhir  
Politeknik Pelayaran Surabaya

Surabaya, 20 Desember 2024


Dosen Penguji I

  
(Capt. Firdaus Sitepu, S.ST., M.Si., M. Mar.)  
Penata Tk. I (III/d)  
NIP. 197802272009121002


Mengesahkan,  
Dosen Penguji II

  
(Capt. Tri Haryanto, M.Mar.)  
Penata Tk. I (III/d)  
NIP. 197310282002121007

Dosen Penguji III

  
(Henna Nurdiansari, S.T., M.T., M.Sc.)  
Penata Tk. I (III/d)  
NIP. 198512112009122003

Mengetahui,  
Ketua Program Studi  
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Operasi Kapal

  
(Capt. Upik Widyaningsih, M. Pd, M. Mar.)  
Penata Tk. I (III/d)  
NIP. 198404112009122002

**PENGESAHAN**  
**LAPORAN TUGAS AKHIR**  
**KARYA ILMIAH TERAPAN**

**ANALISIS PENGARUH SUHU DAN TEKANAN PADA *CARGO HEATER***  
**TERHADAP KECEPATAN ALIRAN PADA BONGKAR MUAT LPG**  
**DI KAPAL PERTAMINA GAS 2**


Disusun oleh:

MUHAMMAD FHARHAN FAZLIH  
NIT. 0921016105


Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Hasil Tugas Akhir  
Politeknik Pelayaran Surabaya

Surabaya, 19 Mei 2025

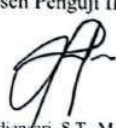
Dosen Penguji I

  
(Capt. Firdaus Sitepu, S.ST., M.Si., M. Mar.)  
Penata Tk. I (III/d)  
NIP. 197802272009121002

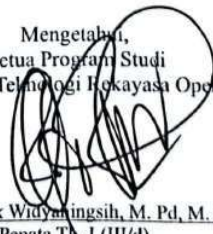
Mengesahkan,  
Dosen Penguji II

  
(Capt. Tri Haryanto, M. Mar.)  
Penata Tk. I (III/d)  
NIP. 197310282002121007

Dosen Penguji III

  
(Henna Nurdianjari, S.T., M.T., M.Sc.)  
Penata Tk. I (III/d)  
NIP. 198512112009122003

Mengetahui,  
Ketua Program Studi  
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Operasi Kapal

  
(Capt. Upik Widyaningsih, M. Pd, M. Mar.)  
Penata Tk. I (III/d)  
NIP. 198404112009122002

## ABSTRAK

ABSTRAK, MUHAMMAD FHARHAN FAZLIH, ANALISIS PENGARUH SUHU DAN TEKANAN PADA CARGO HEATER TERHADAP KECEPATAN ALIRAN MUATAN PADA BONGKAR MUAT LPG DI KAPAL PERTAMINA GAS 2, Dibimbing oleh Capt. Tri Haryanto, M.Mar. sebagai pembimbing 1 dan Ibu Henna Nurdiansari sebagai pembimbing 2.

Penelitian ini menganalisis pengaruh suhu dan tekanan pada *cargo heater* terhadap kecepatan aliran LPG selama rangkaian proses bongkar muat di kapal Pertamina Gas 2. LPG yang terdiri dari *propane* dan *butane* sering mengalami pembekuan pada daerah beriklim dingin, yang memperlambat aliran dan menghambat proses bongkar muat. *Cargo heater* digunakan untuk meningkatkan suhu LPG guna mengurangi viskositasnya, sehingga aliran menjadi lebih lancar. Metode kuantitatif kausal digunakan dalam penelitian ini dengan bantuan analisis regresi linear berganda. Data penelitian didapatkan selama observasi langsung pada bongkar muat LPG di kapal Pertamina Gas 2 dan dianalisis menggunakan perangkat lunak *EViews 12*.

Secara parsial, hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap kecepatan aliran LPG dengan koefisien signifikansi  $X_1$  sebesar  $0,1655 > 0,05$  sedangkan tekanan berpengaruh signifikan dengan koefisien signifikansi  $X_2$  sebesar  $0,0205 < 0,005$ . Namun, secara simultan, suhu dan tekanan bersama-sama memberikan pengaruh signifikan terhadap kecepatan aliran dengan koefisien  $X_1$  dan  $X_2$  sebesar  $0,020911 < 0,05$ . Hal ini membuktikan bahwa peningkatan tekanan dengan dukungan suhu yang optimal dapat mempercepat proses bongkar muat LPG. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam optimalisasi penggunaan *cargo heater* untuk meningkatkan efisiensi bongkar muat LPG di kapal tanker gas.

**Kata Kunci:** LPG, *Cargo Heater*, Suhu, Tekanan, Kecepatan Aliran, Bongkar Muat

## ABSTRACT

**ABSTRAK**, MUHAMMAD FHARHAN FAZLIH, ANALISIS PENGARUH SUHU DAN TEKANAN PADA CARGO HEATER TERHADAP KECEPATAN ALIRAN MUATAN PADA BONGKAR MUAT LPG DI KAPAL PERTAMINA GAS 2, *Supervised by Capt. Tri Haryanto, M.Mar. as Supervisor 1 and Ms. Henna Nurdiansari as Supervisor 2.*

*This study analyzes the effect of temperature and pressure on the cargo heater on the LPG flow rate during the loading and unloading process on the Pertamina Gas 2 ship. LPG consisting of propane and butane often freezes in cold climates, which slows down the flow and inhibits the loading and unloading process. The cargo heater is used to increase the temperature of LPG to reduce its viscosity, so that the flow becomes smoother. The research method used is quantitative causal with multiple linear regression analysis. Data were obtained through direct observation during the loading and unloading of LPG on the Pertamina Gas 2 ship and analyzed using EViews 12 software.*

*The results of the study indicate that partially, temperature does not have a significant effect on the flow rate of LPG with a significance coefficient of  $X1$  of  $0.1655 > 0.05$  while pressure has a significant effect with a significance coefficient of  $X2$  of  $0.0205 < 0.005$ . However, simultaneously, temperature and pressure together have a significant effect on the flow rate with coefficients  $X1$  and  $X2$  of  $0.020911 < 0.05$ . This proves that increasing pressure with the support of optimal temperature can accelerate the LPG loading and unloading process. This study is expected to be a reference in optimizing the use of cargo heaters to increase the efficiency of loading and unloading LPG on gas tankers.*

**Keywords:** *LPG, Cargo Heater, Temperature, Pressure, Flow Rate, Discharge & Loading*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah Yang Maha Kuasa kami panjatkan kepadaNya, karena atas rahmat dan karuniaNya penelitian yang berjudul Analisis Pengaruh Suhu Dan Tekanan Pada *Cargo Heater* Terhadap Kecepatan Aliran Pada Bongkar Muat LPG Di Kapal Pertamina Gas 2 dapat terlaksana dengan baik tanpa hambatan. KIT ini disusun sebagai salah satu syarat untuk kelulusan.

Terselesaikannya KIT ini tentu saja tidak terlepas dari berbagai dorongan dan bantuan banyak pihak. Oleh sebab itu, saya mengungkapkan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Moejiono, M.T., M.Mar.E. selaku Direktur Politeknik Pelayaran Surabaya;
2. Ibu Capt. Upik Widyaningsih, M.Pd., M.Mar. selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Operasi Kapal;
3. Bapak Capt. Tri Haryanto, M.Mar. selaku dosen pembimbing 1 yang membimbing saya hingga dapat menyelesaikannya KIT ini;
4. Ibu Henna Nurdiansari, S.T., M.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing 2 yang membimbing saya hingga dapat menyelesaikannya KIT ini;
5. Bapak dan ibu dosen serta seluruh Sivitas Akademika Politeknik Pelayaran Surabaya;
6. Kedua orang tua saya, bapak Supandi dan ibu Suwarni yang selalu memberikan dukungan, doa restu, dan semangat;
7. Kedua adik saya tercinta Aulia dan Farra serta seluruh keluarga besar saya tidak dapat saya sampaikan satu persatu.

Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan dengan limpahan keberkahan kepada semua pihak yang telah berperan dalam penyusunan KIT ini. Saya berharap karya ini dapat memberikan manfaat bagi setiap pembaca. Aamiin.

Surabaya, 19 Mei 2025

Penyusun

MUHAMMAD FHARHAN FAZLIH  
NIT 0921016105

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN PROPOSAL TUGAS AKHIR .....</b>	<b>iii</b>
<b>PERSETUJUAN SEMINAR HASIL TUGAS AKHIR .....</b>	<b>iv</b>
<b>PENGESAHAN PROPOSAL TUGAS AKHIR .....</b>	<b>v</b>
<b>PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>viii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah .....	4
C. Batasan Masalah.....	4
D. Tujuan Penelitian.....	5
E. Manfaat Penelitian.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
A. Review Penelitian Sebelumnya .....	6
B. Landasan Teori .....	8
C. Kerangka Pikir Penelitian.....	17

D. Hipotesis .....	17
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>18</b>
A. Jenis Penelitian .....	18
B. Lokasi dan Waktu Penelitian .....	18
C. Definisi Operasional Variabel.....	19
D. Sumber Data dan Teknik Pengumpulan Data.....	19
E. Teknik Analisis Data.....	20
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>27</b>
A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian .....	27
B. Hasil Penelitian.....	28
C. Pembahasan .....	41
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>44</b>
A. Simpulan.....	44
B. Saran .....	45
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>46</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>48</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Review Penelitian Sebelumnya .....	6
Tabel 4.1 Uji Analisis Deskriptif.....	29
Tabel 4.2 Uji Normalitas .....	30
Tabel 4.3 Uji Multikolinearitas .....	31
Tabel 4.4 Uji Heteroskedastisitas .....	32
Tabel 4.5 Uji Autokorelasi .....	33
Tabel 4.6 Analisis Regresi Linear Berganda .....	34
Tabel 4.7 Uji t.....	35
Tabel 4.8 Uji F.....	37
Tabel 4.9 Uji R squared.....	38
Tabel 4.10 Data Exel .....	38

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kapal LPG.....	8
Gambar 2.2 Kerangka Berpikir.....	17
Gambar 4.1 Proyeksi Simpangan Grafik Regresi Linear Terhadap Grafik Kecepatan Aliran .....	41

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Grafik Suhu.....	48
Lampiran 2 Grafik Tekanan .....	49
Lampiran 3 Kecepatan Aliran .....	50
Lampiran 4 Simpangan Grafik Regresi Linear Terhadap Kecepatan Aliran .....	51
Lampiran 5 Data Exel .....	52
Lampiran 6 Pembekuan Pada Pipa.....	53
Lampiran 7 Crew List .....	55
Lampiran 8 Dokumen Bongkar Muat .....	56

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

*Liquified Petroleum Gas* (LPG) atau gas minyak cair adalah sebutan umum untuk senyawa hidrokarbon yang berasal dari gas alam yang telah dicairkan. LPG terdiri dari unsur utama berupa propane dan butane, ataupun campuran keduanya. Propane memiliki rumus kimia  $C_3H_8$ , sementara butane memiliki rumus kimia  $C_4H_{10}$ . Kedua senyawa ini merupakan komponen utama penyusun LPG. McGuire & White (2000:5) menyatakan bahwa *Liquefied Petroleum Gas* (LPG) adalah produk gas yang telah dicairkan, terdiri dari *propane* dan *butane*, yang dapat dimuat secara terpisah maupun dalam bentuk campuran.. LPG sudah lama dikenal sebagai sumber energi yang pemanfaatannya cukup luas seperti pemenuhan untuk bahan bakar rumah tangga, industri, dan transportasi. Penggunaan LPG di kalangan masyarakat sudah sangat populer dan menjadi salah satu sumber energi yang banyak dipilih untuk terus dimanfaatkan hingga saat ini. Di tengah perkembangan ekonomi global dan peningkatan konsumsi energi di berbagai sektor mengakibatkan meningkatnya permintaan energi berbasis gas, khususnya gas alam cair LPG. Industri pelayaran memegang peranan penting dalam bidang pengangkutan LPG. Untuk memenuhi kebutuhan sumber energi di banyak wilayah, LPG diproduksi secara massive serta didistribusikan ke berbagai daerah dengan moda transportasi laut maupun darat. Moda transportasi laut digunakan untuk mengangkut LPG dalam jumlah besar sedangkan moda transportasi darat

digunakan untuk mengangkut LPG dalam jumlah lebih kecil.

Pengangkutan LPG melalui jalur laut masih menjadikan kapal sebagai moda transportasi yang banyak digunakan hingga saat ini. Kapal yang digunakan adalah kapal tanker berjenis gas, yaitu kapal yang sengaja di dibuat khusus untuk mengangkut muatan berjenis gas cair. Kapal tanker gas, termasuk Pertamina Gas 2 yang merupakan salah satu kapal tanker milik PT. Pertamina *International Shipping* (PIS) berperan aktif dalam mendistribusikan energi gas ke berbagai titik di Indonesia. Pertamina Gas 2 yang merupakan salah satu kapal pengangkut gas dengan tipe pendinginan penuh (*full refrigerated*) yang muatannya disimpan pada tangki bertekanan dengan suhu rendah. Tujuannya untuk menjaga LPG agar tetap dalam kondisi cair selama perjalanan panjang sehari-hari mengingat sifat LPG yang cepat memuai jika terkena panas matahari dan mudah menguap jika bereaksi dengan udara bebas.

Pendistribusian LPG dengan moda transportasi laut tidaklah mudah. Utamanya pada kapal-kapal yang mempunyai rute pelayaran di daerah dingin seperti benua Eropa dan Amerika. Kapal Pertamina Gas 2 merupakan salah satu kapal yang mempunyai rute pelayaran ke Amerika. Daerah yang dingin umumnya mempunyai tekanan udara yang rendah sehingga dapat membuat pipa-pipa pemuatan yang ada di *deck* menjadi dingin. Hal ini bisa menyebabkan muatan LPG membeku saat proses bongkar muat.

Seperti halnya yang pernah peneliti alami pada saat praktik di kapal Pertamina Gas 2. Saat kapal sedang melaksanakan operasi bongkar muat di pelabuhan Freeport United States of America pada 26 Desember 2023 kapal mengalami kemacetan aliran muatan. Kemacetan tersebut disebabkan oleh

pembekuan muatan karena suhu udara yang dingin yaitu berkisar  $3^{\circ}\text{C}$ - $5^{\circ}\text{C}$ . Kendala ini membuat proses pemuatan menjadi terhenti selama setengah jam. Jika hal ini terus dibiarkan maka proses bongkar muat menjadi terhambat dan akan berdampak pada keterlambatan pendistribusian LPG. Tindakan yang bisa dilakukan untuk menangani masalah tersebut adalah pemanasan muatan (*cargo heating*) menggunakan pemanas muatan (*cargo heater*). *Cargo heater* dapat membantu memperlancar aliran muatan dengan menurunkan kadar kekentalan (*viscositas*) muatan LPG yang dingin dengan memanaskan muatan tersebut.

Penelitian terkait pengaruh *cargo heater* telah dilakukan sebelumnya oleh Djajasana, Sugiyanto, Putra, Ningsi (2019). Penelitian tersebut membahas tentang penggunaan *cargo heater* sebagai alat pemanas muatan, namun fokus penulis lebih ke arah mengidentifikasi faktor penyebab bocornya pipa cargo (*flow tube*) pada *cargo heater*. Pada penelitian tersebut belum dibahas secara mendalam mengenai pengaruh antara suhu, tekanan terhadap kecepatan aliran muatan. Oleh karena itu, penelitian dilakukan untuk mengetahui bagaimana suhu dan tekanan pada *cargo heater* dapat mempengaruhi kecepatan aliran pada bongkar muat LPG. Diharapkan hasil dari penulisan karya ini dapat dijadikan sumber acuan dalam rangkaian proses pembongkaran dan pemuatan LPG agar proses pemuatan menjadi lebih efektif. Berdasarkan uraian latar belakang di atas, peneliti mengambil judul penelitian Analisis Pengaruh Suhu dan Tekanan *Cargo Heater* Terhadap Kecepatan Aliran Pada Bongkar Muat LPG Di Kapal Pertamina Gas 2.

## B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat diangkat pada penelitian ini sesuai dengan latar belakang adalah sebagai berikut:

1. Apakah suhu pada *cargo heater* mempengaruhi kecepatan aliran pada bongkar muat *Liquified Proteleum Gas* di kapal Pertamina Gas 2 ?
2. Apakah tekanan pada *cargo heater* mempengaruhi kecepatan aliran pada bongkar muat *Liquified Proteleum Gas* di kapal Pertamina Gas 2 ?
3. Apakah suhu dan tekanan pada *cargo heater* secara bersama-sama mempengaruhi kecepatan aliran pada bongkar muat *Liquified Proteleum Gas* di kapal Pertamina Gas 2 ?
4. Bagaimanakah hasil proyeksi simpangan grafik regresi linear terhadap grafik kecepatan aliran ?

## C. Batasan Masalah

Batasan penelitian dilakukan sebagai acuan agar penelitian dapat berjalan terarah dan tidak meluas. Adapun batasan-batasan masalah yang diterapkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian hanya dilakukan di kapal gas tipe *fully refrigerated*
2. Cargo heater yang diteliti hanya jenis U - Tube, 2 Pases
3. Parameter yang dikaji hanya dibatasi pada suhu, tekanan dan kecepatan aliran
4. Jenis muatan yang dikaji hanya *propane* dan *butane*

#### **D. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian merujuk pada tujuan yang hendak dicapai oleh peneliti dalam sebuah penelitian. Tujuan penulisan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh suhu pada *cargo heater* terhadap kecepatan aliran pada bongkar muat LPG di kapal Pertamina Gas 2
2. Untuk mengetahui pengaruh tekanan pada *cargo heater* terhadap kecepatan aliran pada bongkar muat LPG di kapal Pertamina Gas 2
3. Untuk mengetahui pengaruh suhu dan tekanan pada *cargo heater* secara bersama-sama terhadap kecepatan aliran pada bongkar muat LPG di kapal Pertamina Gas 2

#### **E. Manfaat Penelitian**

Dalam penulisan ini tentunya memiliki beberapa manfaat yang sangat berguna bagi penulis. Adapun manfaat dari kepenulisan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Secara Teoritis
  - a. Diharapkan hasil penelitian dapat memberikan sumbangsih pemikiran untuk pelaut dan perusahaan pelayaran tentang penggunaan *cargo heater* dalam proses bongkar muat LPG.
  - b. Hasil penelitian diharapkan mampu memberikan kontribusi pengetahuan dan sumber referensi bagi dunia pendidikan kepelautan khususnya di bidang pelayaran dalam meningkatkan pengetahuan tentang bongkar muat LPG menggunakan *cargo heater*.



## 2. Secara Praktis

- a. Dapat menambah pengetahuan dan pemahaman bagi pelaut atau praktisi dalam proses bongkar muat LPG menggunakan *cargo heater*.
- b. Dapat dijadikan sebagai sumber acuan bagi para *crew* kapal gas untuk menunjang kelancaran proses bongkar muat LPG pada kapal gas.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Review Penelitian Sebelumnya

Tabel 2.1 *Review Penelitian Sebelumnya*  
Sumber : Peneliti 2024

No	Judul Penelitian	Penulis	Hasil Penelitian	Perbedaan
1.	Analisis Proses <i>Cargo Heating</i> pada Muatan LPG ( <i>Propylene</i> ) Di MT. Coral Monactis	Djajasana, Sugiyanto, Putra, Ningsi Sumber : stipjakarta (2019)	Dari penelitian ini dapat diketahui bahwa penggunaan <i>cargo heater</i> secara benar sesuai prosedur dalam bongkar muat LPG dapat mencegah penurunan kinerja atau produktivitas dalam memanaskan muatan pada daerah pelayaran bersuhu dingin. Dengan begitu pembekuan muatan pada saat proses bongkar muat dapat dihindari dan proses bongkar muat LPG dapat berjalan dengan normal, aman tanpa terkendala.	Pada penelitian tersebut menggunakan metode kualitatif, sedangkan pada penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Variabel yang digunakan pada penelitian tersebut adalah <i>cargo heater</i> , sedangkan pada penelitian ini variabelnya adalah suhu, tekanan dan kecepatan aliran. Pada penelitian tersebut jenis muatan yang diangkut kapal adalah <i>propylene</i> sedangkan pada penelitian ini jenis muatan yang diangkut kapal adalah <i>propane</i> dan <i>butane</i> .
2.	Upaya Peningkatan Pengawasan dan Penanganan <i>Cargo Heater</i> Guna Mengoptimalkan Proses Bongkar Muat Di MT. Decora	Mukminin Amirul Sumber : stipjakarta (2020)	Dari penelitian ini dapat diketahui faktor apa saja yang menyebabkan kebocoran <i>cargo heater</i> pada MT. Decora dan bagaimana penanganan <i>cargo heater</i> yang benar sesuai dengan standar operasional yang sudah ditetapkan oleh perusahaan agar kebocoran <i>cargo heater</i> dapat dihindari.	Pada penelitian tersebut menggunakan metode kualitatif, sedangkan pada penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Selain itu pada penelitian tersebut juga membahas tentang penanganan <i>cargo heater</i> , sedangkan pada penelitian ini membahas tentang pengaruh suhu dan tekanan terhadap kecepatan aliran pada bongkar muat LPG.

No	Judul Penelitian	Penulis	Hasil Penelitian	Perbedaan
3.	Optimalisasi Bongkar Muat Muatan <i>Liquefied Petroleum Gas</i> (LPG) Menggunakan Metode <i>Ship To Ship</i> Di Kapal VLGC Rubra	Afero Muhammad Farel Sumber : stipjakarta (2021)	Dari penelitian ini dapat diketahui faktor yang menyebabkan keterlambatan proses bongkar dengan metode <i>ship to ship</i> adalah kurangnya pemahaman para <i>crew</i> kapal dalam mengoperasikan peralatan bongkar muat yang ada di kapal seperti <i>cargo heater</i> . Peneliti juga memaparkan solusi untuk menangani masalah tersebut dengan cara familiarisasi pemahaman terhadap <i>crew</i> dan melakukan pengawasan saat proses bongkar muat.	Pada penelitian tersebut menggunakan metode kualitatif, sedangkan pada penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Fokus pembahasan pada penelitian tersebut adalah bongkar muat LPG dengan metode <i>ship to ship</i> , sedangkan pada penelitian ini berfokus membahas pengaruh suhu dan tekanan terhadap kecepatan aliran bongkar muat LPG.
4.	Penerapan Standar Operasional Prosedur <i>Cargo Heater</i> Pada Saat Bongkar <i>Ship To Ship</i> Guna Mencegah Kenaikan Tekanan Di <i>Line Manifold</i> MT. <i>Liquified Petroleum Gas</i> Carries RUBRA	Atlantic Fikri Bahri Sumber : stipjakarta (2023)	Dari penelitian ini dapat diketahui bahwa faktor penyebab kerusakan <i>cargo heater</i> disebabkan oleh kurangnya perawatan rutin oleh <i>gas engineer</i> , kurangnya pengawasan dari mualim satu dan kurangnya pemahaman <i>crew</i> kapal tentang pengoperasian <i>cargo heater</i> . Pada penelitian ini juga dibahas tentang bagaimana cara mengatasi masalah tersebut supaya alur bongkar muat berjalan lancar tanpa adanya hambatan.	Pada penelitian tersebut menggunakan metode kualitatif, sedangkan pada penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Pada penelitian tersebut fokus pembahasan tertuju kepada penerapan standar operasional prosedur <i>cargo heater</i> , sedangkan pada penelitian ini berfokus pada pengaruh suhu dan tekanan terhadap kecepatan aliran pada proses bongkar muat LPG.
5.	Analisis Korosi Pada Pipa <i>Mine Line Cargo Heater System</i> Tipe SUS/SS 316 L Pada Kapal MT SUPRIME STAR	Maulana, Sisworo, Santoso Sumber : Undip (2023)	Dari penelitian ini dapat diketahui bahwa korosi yang terjadi pada pipa <i>main line cargo heater</i> disebabkan oleh pipa yang terkena aliran fluida bertekanan tinggi yang mengenai	Pada penelitian tersebut menggunakan metode eksperimental, sedangkan pada penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Analisis SEM EDX, analisis XRD dan analisis

No	Judul Penelitian	Penulis	Hasil Penelitian	Perbedaan
			<i>mine line cargo heater</i> sehingga mengakibatkan karat dan lama kelamaan akan membuat lapisan pipa menipis dan menimbulkan lubang. Penelitian ini turut juga dilakukan pengujian lab terhadap pipa yang terkena korosi untuk menganalisis jenis korosi yang terjadi pada pipa.	Metalurgrafi digunakan pada penelitian tersebut. Sedangkan, pada penelitian ini menggunakan analisis regresi linier berganda.

## B. Landasan Teori

### 1. Kapal LPG



Gambar 2.1 Kapal LPG

Sumber : Dokumen Pribadi Peneliti (2023)

Kapal gas merupakan jenis kapal kargo yang dirancang dan dibangun khusus untuk mengangkut berbagai jenis gas yang telah dicairkan dalam bentuk curah (Mc Guire & White, 2006:67).

Dari pernyataan di atas dapat disimpulkan bahwa kapal gas didefinisikan sebagai kapal yang dirancang khusus utamanya untuk dapat membawa muatan cair dengan penyimpanan tangki bertekanan. Kapal gas terbagi kedalam beberapa jenis, diantaranya :

a. *Fully Pressurized Ship*

Kapal *Fully Pressurized* adalah kapal pengangkut gas yang didesain dengan penyimpanan tangki bertekanan tinggi. Jenis kapal ini memiliki kapasitas muatan tidak lebih dari 2000 m<sup>3</sup> *propane*, *butane*, serta juga *ammonia* yang dimuat dalam dua tangki bertekanan yang terletak sebagian di atas dek dan di lambung kapal. Pada kapal tipe ini LPG disimpan dalam bentuk cair di dalam tangki yang dirancang untuk menahan tekanan tinggi, biasanya antara 6-8 bar. Tangki kapal ini umumnya terbuat dari baja atau bahan yang kuat dan tahan terhadap tekanan tinggi. Suhu penyimpanan LPG pada kapal ini sekitar -42°C hingga -47°C, tergantung pada jenis gas *propane* atau *butane*. Kapal ini biasanya membawa muatan LPG dalam bentuk campuran antara *propane* dan *butane*.

b. *Semi Pressurized Ship*

*Semi Pressurised Ship* didefinisikan sebagai kapal dengan tipe tangki kombinasi tekanan tinggi dan sistem pendinginan yang memiliki kapasitas tangki antara 10.000 m<sup>3</sup> hingga 30.000 m<sup>3</sup>. Pada kapal ini LPG disimpan dalam tangki dengan tekanan sekitar 5-7 bar, dan kapal dilengkapi dengan sistem pendingin untuk menjaga suhu yang rendah dan stabil. Tangki penyimpanan kapal ini biasanya berjumlah 3 buah dan berada di dalam lambung kapal sehingga tidak terlihat dari luar seperti pada tipe *pressurized*. Muatan pada kapal ini biasanya tersimpan pada suhu -40°C hingga -50°C, tergantung pada komposisi gas yang diangkut. Jenis muatan yang diangkut kapal ini adalah *propane* dan

*butane*, serta jenis gas lainnya yang dapat disimpan pada suhu dan tekanan yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan kapal tipe *fully refrigerated*.

c. *Fully Refrigerated Ship*

*Fully refrigerated Ship* merujuk pada kapal dengan sistem pendinginan penuh yang memiliki kapasitas muat besar antara 40.000 m<sup>3</sup> sampai 80.000 m<sup>3</sup>. Pada kapal ini LPG disimpan dalam tangki khusus yang dapat menahan tekanan sangat rendah, dengan tekanan dalam tangki hanya sekitar 0,2 hingga 0,5 bar. Tangki penyimpanan kapal tipe ini biasanya berjumlah 4 buah dan tertanam di dalam lambung kapal sehingga tidak terlihat dari luar seperti pada tipe *pressurized*. LPG *Propane* dan *Butane*, serta *Ammonia* adalah contoh jenis muatan yang dapat dimuat oleh jenis *Fully Refrigerated Ship*. Kapal Pertamina Gas 2 termasuk ke dalam tipe ini.

## 2. *Liquefied Petroleum Gas (LPG)*

*Liquefied Petroleum Gas* atau disingkat LPG, adalah sebutan untuk senyawa hidrokarbon yang berasal dari gas alam yang telah dicairkan. LPG terdiri dari unsur propane, butane, atau gabungan dari keduanya.

LPG merupakan gas hidrokarbon yang telah dicairkan melalui pemberian tekanan guna mempermudah dalam proses penyimpanan, transportasi, dan penanganannya. Komponen utama dari senyawa hidrokarbon ini adalah propana (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>), butana (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>), serta campuran dari kedua unsur tersebut (Syukur, 2011).

McGuire & White (2000:5) menyatakan bahwa *Liquefied Petroleum Gas* (LPG) merupakan hasil dari gas yang dicairkan, yang komponennya terdiri dari propane dan butane, baik dalam bentuk terpisah maupun dalam campuran.

Berdasarkan penjelasan di atas maka dapat disimpulkan LPG adalah gas cair yang berstruktur atas campuran hidrokarbon, terutama propana dan butana, yang dicairkan di bawah tekanan. LPG memiliki sifat mudah terbakar dan sering dimanfaatkan sebagai bahan bakar keperluan rumah tangga, industri, serta kendaraan bermotor. Gas ini disimpan dalam bentuk cair didalam tangki bertekanan karena mengingat sifatnya yang mudah memuai jika terkena panas dan mudah menguap jika bereaksi dengan udara bebas. Penyimpanan ini berguna untuk memudahkan sistem pendistribusian dan penggunaannya. LPG juga banyak dipilih karena efisiensinya dalam menghasilkan energi dengan biaya yang relatif lebih rendah dibandingkan bahan bakar lainnya. Selain itu, LPG juga dikenal lebih ramah lingkungan karena emisi gas rumah kaca yang dihasilkannya lebih rendah. Meski begitu, penggunaannya harus selalu hati-hati, mengingat potensi bahaya kebakaran dan ledakan jika tidak ditangani dengan benar.

### 3. *Cargo Heater*

Dalam buku *Liquefied Gas Handling Principles* (2016:173) dijelaskan *ordinarily, refrigerated cargo will need to be heated before it can be transferred into pressurised storage systems, to avoid low temperature embrittlement of the cargo tanks and pipelines. Heating can take place while loading a cold cargo into a pressurised ship or when discharging a*

*refrigerated cargo into pressurised tanks ashore.*

Kutipan diatas dapat di translasikan sebagai muatan yang berpendingin akan memerlukan pemanasan sebelum di bongkar ke *fully pressurized ship*, untuk mengantisipasi suhu rendah pada tangki dan pipa. Pemanasan dimaksud dilakukan pada saat *fully pressurized ship* memuat muatan dingin dari *fully refrigerated ship*.

Berdasarkan pemaparan diatas juga dapat disimpulkan *cargo heater* merupakan suatu alat atau sistem yang digunakan oleh kapal untuk menjaga dan mengatur suhu muatan tetap stabil dan sesuai porsi mengingat sifat dari muatan LPG yang dengan mudah mengalami perubahan kenaikan dan penurunan suhu (*fluktuasi*). Prinsip kerja *cargo heater* adalah menjaga kondisi muatan dari tangki penyimpanan agar tetap hangat sesuai dengan kebutuhan dan permintaan fasilitas penerima. Alat ini berperan penting dalam menjaga suhu tetap stabil dari barang-barang yang sensitif terhadap suhu, seperti bahan kimia, makanan, obat-obatan, atau produk lainnya yang dapat rusak jika terkena suhu terlalu rendah atau terlalu tinggi.

#### **4. Suhu**

Menurut Bormashenko (2020) temperatur didefinisikan sebagai ukuran makroskopik dari keadaan termal suatu sistem, yang mencerminkan distribusi energi kinetik rata-rata partikel-partikel dalam sistem tersebut. Temperatur berhubungan erat dengan entropi, dan dapat dianggap sebagai indikator dari kapasitas suatu sistem untuk mengubah energi termal menjadi bentuk energi lain dalam berbagai konteks fisik dan termodinamik. Suhu memainkan peran penting dalam memahami perilaku material baik dalam



fisika klasik maupun kuantum.

Menurut Riyanto, N. (2009) suhu adalah ukuran energi kinetik rata-rata dari suatu molekul. Sehingga, saat temperatur tinggi, maka yang terjadi adalah energi kinetik rata-rata pun akan menjadi besar.

Berdasarkan pendapat diatas, dapat dikatakan bahwa temperatur merupakan suatu ukuran yang menunjukkan dingin atau panas dari suatu keadaan benda serta energi geraknya berbanding lurus dengan besaran ukuran. Dalam bongkar muat LPG, peningkatan suhu dapat mempengaruhi proses aliran LPG. Sesuai dengan prinsip Andrade yang menyatakan *viscositas* cairan berkurang secara eksponensial dengan kenaikan suhu. Maknanya jika suhu cairan meningkat, energi kinetik molekulnya bertambah, sehingga gaya antar molekul menjadi lebih lemah dan mengurangi hambatan molekul untuk bergerak yang menurunkan *viscositas*. Sebaliknya, jika suhu menurun, energi molekul berkurang, gaya tarik antar molekul meningkat, dan *viscositas* bertambah.

Dalam proses bongkar muat LPG, suhu memainkan peran penting dalam menjaga bentuk LPG agar tetap cair, karena gas alam seperti LPG berada dalam bentuk cair pada tekanan tinggi dan suhu rendah. Suhu LPG akan mempengaruhi keberadaannya dalam bentuk cair atau gas. Jika suhu lebih tinggi LPG akan cenderung menguap menjadi gas, sedangkan pada suhu rendah, LPG tetap berada dalam bentuk cair. Oleh karena itu pada pembongkaran dan pemuatan LPG suhu harus dipertahankan dalam kisaran yang tepat agar gas dapat mengalir dengan baik dan aman.

## 5. Tekanan

Sartika, S. B. & Wulandari, R. (2020:6) menyatakan tekanan didefinisikan sebagai besarnya gaya tiap satuan luas.

Kuhtz, R. (2015) menyatakan bahwa tekanan merupakan satuan fisika yang menunjukkan besaran gaya per satuan luas. Gaya yang dimaksud dalam tekanan adalah gaya tegak lurus terhadap permukaan suatu objek.

Dari uraian di atas tekanan dapat dijelaskan bahwa tekanan merupakan gaya per satuan luas yang bekerja pada suatu permukaan. Dalam sistem pembongkaran LPG, tekanan memegang peranan kunci dalam mengontrol aliran LPG dari tangki pengangkut ke fasilitas penyimpanan atau distribusi.

Dalam proses pembongkaran LPG, muatan disalurkan dari tangki bertekanan tinggi ke sistem penyimpanan yang lebih rendah tekanannya. Perbedaan tekanan ini menyebabkan LPG mengalir melalui pipa menuju fasilitas penyimpanan.

## 6. Kecepatan

Menurut Parrangan, J. et al (2024:3) kecepatan adalah laju perubahan posisi benda per satuan waktu.

Menurut Anasiru, T. (2005) kecepatan merupakan aliran waktu yang dibutuhkan oleh suatu partikel untuk berpindah jarak dari satu tempat ke tempat lainnya. Singkatnya, kecepatan merupakan aliran waktu per jarak yang diperlukan partikel untuk berpindah tempat.

Hukum Poiseuille (1840) menyatakan laju aliran suatu fluida bergantung pada *viscositas*, panjang pipa, dan perbedaan tekanan antara

ujung-ujung pipa. Dimana kecepatan aliran berbanding lurus dengan tekanan diferensial dan berbanding terbalik dengan *viscositas* dan panjang pipa.

Berdasarkan uraian di atas kecepatan dalam konteks pembongkaran LPG adalah tingkat laju perpindahan muatan LPG dari tangki penyimpanan kapal ke fasilitas penerima melalui sistem perpipaan, biasanya dinyatakan dalam satuan volume per waktu seperti ton/jam atau m<sup>3</sup>/jam.

Kecepatan aliran mengacu pada laju perpindahan fluida (dalam hal ini LPG) dari satu tempat ke tempat lain dalam sistem. Kecepatan aliran ini sangat dipengaruhi oleh tekanan, suhu, *viscositas*, desain dan panjang pipa. Semakin besar perbedaan tekanan, semakin cepat LPG akan mengalir. Selain itu, pada suhu yang lebih tinggi, *viscositas* LPG cenderung lebih rendah, yang dapat meningkatkan kecepatan aliran. Ukuran pipa juga mempengaruhi kecepatan aliran, semakin panjang ukuran pipa maka kecepatan aliran semakin lambat, begitu juga dengan desain pipa yang berkelok-kelok dapat membuat laju aliran LPG menjadi lebih lambat dibandingkan dengan desain pipa yang lurus.

## **7. Pemuatan**

Peraturan Menteri ESDM No. 15 (2013) mengatakan memuat diartikan sebagai proses pemindahan gas bumi atau produk energi lainnya ke dalam sarana angkut atau media penyimpanan (seperti tabung gas, tangki, atau kapal pengangkut). Proses ini harus dilakukan dengan memperhatikan aspek keselamatan, kepatuhan terhadap prosedur, dan pemenuhan standar operasional yang telah ditentukan.

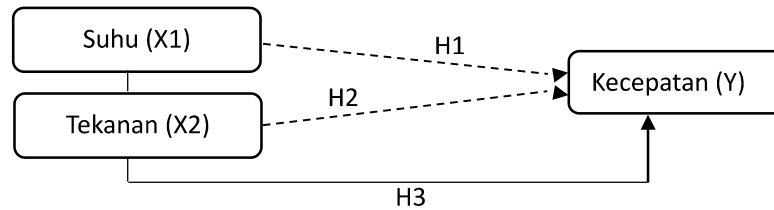
Penjelasan diatas dapat ditarik Kesimpulan bahwa memuat pada konteks pemuatan LPG adalah proses pemindahan gas LPG dari tempat penyimpanan sarana transportasi angkut, seperti kapal atau truk tangki, untuk didistribusikan ke berbagai wilayah. Proses ini harus memperhatikan banyak faktor diantaranya keselamatan, standar operasional, pengelolaan kapasitas ruang, kecepatan pengisian, dan pengamanan barang. Hal ini dilakukan agar barang sampai ke tujuan tanpa kerusakan dengan biaya dan waktu yang efisien.

## **8. Pembongkaran**

Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia No. PM 152 (2016) menjelaskan bongkar adalah kegiatan menurunkan muatan dari kapal atau alat angkut lainnya ke dermaga atau lokasi yang telah disiapkan. Proses ini dapat dilakukan dengan menggunakan alat bantu atau secara manual, tergantung pada kondisi dan jenis barangnya.

Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan bahwa pembongkaran LPG melibatkan pemindahan gas dari alat transportasi, seperti kapal, truk, atau pipa, ke fasilitas penyimpanan atau distribusi. Proses ini harus dilakukan dengan kontrol yang ketat untuk memastikan keselamatan dan menghindari potensi risiko, seperti kebocoran atau ledakan, yang dapat membahayakan lingkungan dan operasi. Pembongkaran LPG juga memerlukan peralatan yang tepat dan tenaga kerja yang terlatih untuk menjamin kelancaran kegiatan operasional. Kegiatan ini harus mengutamakan keselamatan dan keamanan, efisiensi, meminimalkan kerugian serta menjaga agar proses tetap berjalan lancar.

### C. Kerangka Pikir Penelitian



Gambar 2.2 Kerangka Berpikir  
Sumber : Data Peneliti (2025)

### D. Hipotesis

Hipotesis adalah pernyataan yang bersifat sementara yang merupakan dugaan peneliti tentang hubungan antara dua atau lebih variabel dalam sebuah penelitian. Hipotesis ini berperan sebagai landasan penelitian dan acuan dalam merumuskan metode dan strategi penelitian.

Berdasarkan rumusan masalah yang dibawa pada penelitian ini, menghasilkan hipotesis atau dugaan sementara sebagai berikut:

H0: Tidak ada pengaruh suhu dan tekanan terhadap kecepatan aliran LPG

H1: Terdapat pengaruh suhu terhadap kecepatan aliran LPG

H2: Terdapat pengaruh tekanan terhadap kecepatan aliran LPG

H3: Terdapat pengaruh suhu dan tekanan secara bersama-sama terhadap kecepatan aliran LPG

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Jenis Penelitian**

Creswell (2014) mendefinisikan metode penelitian sebagai langkah-langkah terperinci yang melibatkan prosedur pengumpulan data, analisis, dan interpretasi informasi untuk memahami suatu fenomena. Peneliti menggunakan pendekatan tertentu, baik kuantitatif, kualitatif, atau campuran, sesuai tujuan penelitian

Penelitian berdasar pada jenis penelitian kuantitatif kausal. Metode kuantitatif adalah satu jenis penelitian dengan penyusunan rancangan penelitian yang terstruktur dan sistematis hingga hasil akhir dari penelitian. Sedangkan penelitian kausal merupakan penelitian yang memiliki tujuan untuk mendapatkan hubungan sebab dan akibat dari beberapa variabel.

#### **B. Lokasi dan Waktu Penelitian**

##### **1. Lokasi Penelitian**

Tempat observasi data penelitian berada di Pertamina Gas 2 milik PT. Pertamina *International Shipping* (PIS)

##### **2. Waktu Penelitian**

Observasi dilakukan saat proses praktik di kapal Pertamina Gas 2 pada bulan Agustus 2023 sampai selesai

### C. Definisi Operasional Variabel

1. **Suhu (*temperature*)** adalah ukuran tingkat panas suatu benda dalam konteks ini yaitu muatan LPG yang disimpan atau dipindahkan. Satuan suhu yang dipakai pada kapal gas umumnya adalah derajat celcius ( $^{\circ}\text{C}$ )
2. **Tekanan (*pressure*)** adalah gaya per satuan luas yang diterapkan pada permukaan tangki atau sistem pipa yang membawa LPG. Satuan tekanan di kapal gas biasanya dinyatakan dalam bentuk bar.
3. **Kecepatan (*speed*)** adalah ukuran seberapa cepat suatu objek bergerak atau perubahan posisi dalam waktu tertentu, diukur dalam satuan meter kubik per jam ( $\text{m}^3/\text{jam}$ ) atau metrik ton per jam ( $\text{MT}/\text{jam}$ )

### D. Sumber Data dan Teknik Pengumpulan Data

#### 1 Sumber Data

Sumber data merupakan rujukan data dari penelitian dan didapatkan sesuai dengan kejelasan informasi. Untuk mendapatkan data dengan ketepatan akurat dan tervalidasi maka dibutuhkan sumber yang sesuai. Data yang diperoleh dalam penelitian ini bersumber dari data primer yang didapatkan secara langsung oleh peneliti dari lokasi penelitian.

#### 2 Teknik Pengumpulan Data

Teknik ini merupakan metode untuk mengambil informasi atau data relevan dengan tujuan penelitian. Teknik ini disesuaikan dengan jenis penelitian kuantitatif atau kualitatif.

Peneliti menggunakan teknik observasi untuk mengumpulkan data. Peneliti secara langsung terjun ke lapangan mengamati, mencatat data

bongkar muat kemudian memasukkan data tersebut ke dalam komputer kapal Pertamina Gas 2.

#### **E. Teknik Analisis Data**

Analisis data merupakan suatu metode pengolahan, pemeriksaan, serta interpretasi data terkumpul untuk memberikan jawaban atas pertanyaan penelitian atau membuktikan hipotesis. Pemilihan teknik ini disesuaikan dengan jenis penelitian, baik kuantitatif maupun kualitatif, serta bentuk data yang dianalisis.

Penelitian ini memanfaatkan teknik regresi linear berganda untuk analisis data yang terkumpul. Regresi linear berganda merupakan suatu bagian dari ilmu statistika yang berguna untuk mengobservasi bagaimana hubungan antar variabel dependen (Y) dengan sebanyak dua atau lebih variabel independen (X). Model regresi dapat bermanfaat untuk memprediksi nilai variabel dependen jika dibandingkan dengan nilai beberapa variabel independen dengan menggunakan persamaan linear.

Menurut Santoso, S. (2015) mendefinisikan regresi linier berganda sebagai analisis yang memiliki tujuan untuk memahami pengaruh beberapa variabel bebas terhadap variabel terikat serta membuat model prediktif berdasarkan hubungan tersebut.

Untuk mempermudah dalam mengolah data peneliti menggunakan bantuan alat pengolah data berupa *software* program *Eviews 12* untuk mengolah data. *EViews 12* adalah *software* statistik yang dikembangkan dan dirancang khusus untuk melakukan analisis ekonometrika, peramalan, dan simulasi data.



*EViews (Econometric Views)* sering digunakan oleh para ekonom, peneliti, dan akademisi untuk melakukan analisis data numerik dengan fokus pada serangkaian metode ekonometrik dan statistik yang kompleks. Versi 12 adalah versi terbaru dari *EViews* yang menawarkan berbagai peningkatan dan fitur dibandingkan versi sebelumnya.

Menurut Widarjono (2013) *software EViews* adalah alat untuk menganalisis model regresi linear berganda. Dengan *EViews*, regresi dapat dilakukan melalui pendekatan kuantitatif untuk mengestimasi dan mengevaluasi hubungan antar variabel yang dinyatakan secara linear, baik untuk data *time series*, *cross-section*, maupun panel.

Adapun tahapan-tahapan dalam menganalisis data menggunakan regresi linear berganda, yaitu:

### **1. Analisis Statistik Deskriptif**

Analisis statistik digunakan untuk menerangkan output penelitian sesuai dengan variabel penelitian. Analisis datanya menerangkan nilai *mean*, *maximum*, dan *minimum*, satandar deviasi dan lain-lain. Pengujian analisis statistik deskriptif diproses menggunakan program *Eviews 12*.

### **2. Uji Asumsi Klasik**

Uji asumsi klasik merupakan uji yang berfungsi untuk mengobservasi bahwa model regresi linear sesuai dengan syarat sehingga hasil dari analisis regresi valid, tidak bias, dan dapat digunakan untuk membuat inferensi. Uji ini penting dilakukan dalam metode kuantitatif yang menggunakan analisis regresi linier sederhana maupun regresi linear berganda.

Berikut adalah tahapan- tahapan dari uji yang dilakukan pada program *EViews 12*:

a. Uji Normalitas

Uji normalitas adalah tahapan dalam melakukan asumsi klasik. Uji normalitas berfungsi sebagai alat hitung yang dapat memastikan apakah data suatu variabel terdistribusi secara normal. Dengan bantuan program *EViews 12*, uji normalitas memiliki ketentuan bahwa:

- 1) Dengan tingkat signifikansi  $> 0,05$  berarti data memiliki distribusi secara normal dan
- 2) Dengan tingkat signifikansi  $< 0,05$  berarti bahwa data memiliki distribusi secara tidak normal.

b. Uji Multikolinearitas

Uji multikolinearitas berfungsi untuk memastikan bahwa bagaimana hubungan antar variabel independen dalam suatu model. Multikolinearitas menyebabkan tingginya variabilitas pada sampel, yang berdampak pada meningkatnya standar error. Akibatnya, saat pengujian koefisien nilai t-hitung menjadi lebih kecil dari t-tabel. Kondisi tersebut berarti tidak terdapat hubungan linear yang signifikan antara variabel independen terhadap variabel dependen.

Penemuan indikasi multikolinearitas dapat dilihat dari nilai *Variance Inflation Factor* (VIF). Uji multikolinearitas dapat dilakukan melalui bantuan program *EViews 12* dengan kriteria sebagai berikut :

- 1) Nilai VIF  $> 10$  memiliki arti bahwa terdapat multikolinearitas
- 2) Nilai VIF  $< 10$  memiliki arti bahwa tidak terdapat multikolinearitas.

c. Uji Heteroskedastisitas

Uji yang dilakukan untuk memastikan bahwa varians residual sama di seluruh nilai variabel independen (homogen). Jika varians tidak sama atau berubah-ubah (*heteroskedastisitas*), maka hasil analisis akan bias dan tidak efisien. Uji ini dapat dilakukan dengan bantuan program *EViews 12* dengan kriteria sebagai berikut:

- 1) Dengan tingkat signifikansi  $> 0,05$  memiliki arti bahwa data tidak terdapat heteroskedastisitas
- 2) Dengan tingkat signifikansi  $< 0,05$  memiliki arti bahwa data terdapat heteroskedastisitas

d. Uji Autokorelasi

Uji yang dilakukan untuk memastikan tidak ada hubungan antar residual dalam urutan waktu. Uji ini dapat dilakukan dengan melihat hasil uji *Breusch Pagan Godfrey* yang dilakukan melalui bantuan program *EViews 12* dengan ketentuan:

- 1) Apabila tingkat signifikansi  $> 0,05$  artinya tidak terdapat autokorelasi pada data.
- 2) Apabila tingkat signifikansi  $< 0,05$  artinya terdapat autokorelasi pada data.

### 3. Analisis Regresi Linear Berganda

Regresi linear berganda adalah metode analisis data statistik yang digunakan untuk menentukan hubungan antara dua atau lebih variabel independen (X) dengan satu variabel dependen (Y).

Model persamaan linear berganda secara matematik dapat dinyatakan melalui persamaan berikut :

$$Y = a + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \cdots + \beta_n X_n + e \quad (3.1)$$

Keterangan :

$Y$  : variabel dependen

$a$  : konstanta

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$  : koefisien regresi

$X_1, X_2, \dots, X_n$  : variabel independen

$e$  : standar error

#### 4. Uji Signifikansi

Uji signifikansi adalah metode statistik yang digunakan untuk menentukan apakah hasil dari suatu analisis data memiliki makna yang cukup kuat sehingga perbedaan atau hubungan yang diamati bukan hanya karena kebetulan. Uji signifikansi dapat dilakukan melalui uji  $t$  dan uji  $F$  pada program *EViews*.

##### a. Uji $t$ (Parsial)

Uji parsial berfungsi untuk mengukur signifikansi masing-masing koefisien dari regresi dalam model. Tujuannya untuk melihat apakah secara satuan variabel independen mempengaruhi variabel dependen secara signifikan.

Rumus mencari nilai  $t$  :

$$t = \left( \frac{a}{2} ; n-k-1 \right) \quad (3.2)$$

Keterangan:

$t$  : nilai  $t$  yang dicari

$\alpha$  : nilai probabilitas

$n$  : jumlah sampel data

$k$  : jumlah variabel independen

Penentuan hipotesis

$H_0$  : Variabel independen tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel dependen.

$H_a$  : Variabel independen memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel dependen.

Kriteria Pengujian:

- 1) Nilai signifikansi  $< 0,05$  artinya terdapat pengaruh secara signifikan variabel X terhadap variabel Y.
- 2) Nilai signifikansi  $> 0,05$  artinya variabel X tidak terdapat pengaruh secara signifikan terhadap variabel Y.

Bandingkan nilai  $t$ -hitung dengan nilai  $t$ -tabel

- 1) Jika nilai  $t$ -hitung  $> t$ -tabel artinya variabel X berpengaruh secara signifikan terhadap variabel Y.
- 2) Jika nilai  $t$ -hitung  $< t$ -tabel artinya variabel X tidak berpengaruh secara signifikan terhadap variabel Y.

b. Uji F (Simultan)

Uji F digunakan untuk menguji signifikansi model regresi secara keseluruhan. Tujuan utamanya adalah untuk mengetahui apakah variabel independen secara bersama-sama (*simultan*) berpengaruh

signifikan terhadap variabel dependen.

Rumus mencari nilai F:

$$F = (k ; n-k) \quad (3.3)$$

Keterangan:

F : nilai F yang dicari

k : jumlah variabel independen

n : jumlah sampel data

Kriteria pengujian:

- 1) Jika signifikansi  $< 0,05$  berarti variabel X1 dan X2 memiliki pengaruh secara signifikan terhadap variabel Y.
- 2) Jika signifikansi  $> 0,05$  berarti variabel X1 dan X2 tidak memiliki pengaruh secara signifikan terhadap variabel Y.

Bandingkan nilai F hitung dengan nilai F tabel

- 1) Jika nilai F hitung  $> F$  tabel artinya variabel X1 dan X2 memiliki pengaruh secara signifikan terhadap variabel Y.
- 2) Jika nilai F hitung  $< F$  tabel artinya variabel X1 dan X2 tidak memiliki pengaruh secara signifikan terhadap variabel Y.

c. Uji R Squared (Koefisien Determinasi)

Uji R Squared mempunyai fungsi untuk mengukur kemampuan model dalam menerangkan seberapa berpengaruh secara simultan variabel independent mampu mempengaruhi variabel dependen. Untuk mengetahui nilai R squared bisa dilakukan melalui bantuan program *EViews 12*.