

# ARJKA

Media Ilmuan dan Praktisi Teknik Industri

J  
U  
R  
N  
A  
L  
  
T  
E  
K  
N  
I  
K  
  
I  
N  
D  
U  
S  
T  
R  
I

Vol. 15, Nomor 1

Februari 2021

**STRATEGY TO IMPROVE THE CLASS OF AMBON ARCHIPELAGO FISHERIES PORT INTO AN OCEAN FISHERY PORT USING SWOT ANALYSIS**

*Ruth Phetrosina Soumokil*

**MODEL OPTIMISASI UNTUK MASALAH MINIMISASI WAKTU PERJALANAN WISATA TUR-TUNGGAL DI DAERAH KEPULAUAN**

*Mohammad Thezar Afifudin  
Dian Pratiwi Sahar*

**ANALISIS PERENCANAAN PERSEDIAAN BAHAN BAKU PAKAN TERNAK DENGAN MENGGUNAKAN METODE LOT SIZING (Studi Kasus Pada PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk, Unit Makassar)**

*A. Besse Riyani Indah  
Sapta Asmal  
Khalifah Amalia  
Dian Pratiwi Sahar  
Gerard Antonini Duma*

**ANALISIS BEBAN KERJA MENTAL DAN FISIK OPERATOR HD KOMATSU 785-7 (STUDI KASUS: PT.SIMS JAYA KALTIM)**

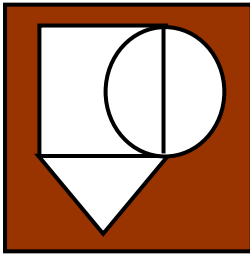
*Hotma Kristian Silalahi  
Lina Dianati Fathimahhayati  
Willy Tambunan*

**KAJIAN DESAIN KAPAL PUKAT CINCIN YANG BERPANGKALAN DI PUSAT PENDARATAN IKAN DESA ERI KOTA MADYA AMBON**

*Obed Metekohy*

**STUDI INVESTIGASI ANTROPOMETRI NELAYAN DUSUN ERIE DAN DUSUN SERI, KECAMATAN NUSANIWE, KOTA AMBON**

*Ariviana Kakerissa*

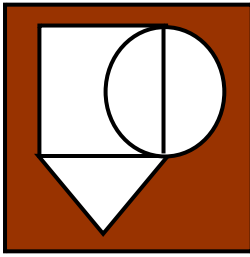


# ARIKA

Media Ilmuan dan Praktisi Teknik Industri

---

- Penanggung Jawab : Dr. Ir. W. R. Hetharia, M.App.Sc.  
(Dekan Fakultas Teknik Universitas Pattimura)
- Ketua Dewan Penyunting : Alfredo Tutuhatunewa, ST., MT., IPM.  
Scopus ID: [57211693005](#), SINTA ID: [6166538](#)
- Anggota Dewan Penyunting : Nil Edwin Maitimu, ST., MT., IPM.  
SINTA ID: [6760169](#)  
Aminah Soleman, ST., MT., IPM.  
SINTA ID: [6198344](#)  
Daniel Bunga Paillin, ST., MT., IPM.  
SINTA ID: [6019888](#)  
Wilma Latuny, ST., M.Phil., PhD.  
Scopus ID: [57189327163](#); SINTA ID: [6008751](#)  
Hanok Mandaku, ST., MT., IPM.  
SINTA ID: [6740411](#)
- Staf IT dan Administrasi : Richard A. de Fretes, ST., MT., IPM.  
SINTA ID: [6712067](#)  
M. Thezar Afifudin, ST., MT.  
SINTA ID: [6678497](#)
- Alamat Redaksi : Ruang Program Studi Teknik Industri  
Lantai 1, Gedung A Fakultas Teknik Universitas Pattimura  
Jl. Ir. M. Putuhena, Kampus Poka - Ambon, 97233.
- Diterbitkan oleh : Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas  
Pattimura



# ARJKA

Media Ilmuan dan Praktisi Teknik Industri

---

Vol. 15, Nomor 1

Februari 2021

---

- STRATEGY TO IMPROVE THE CLASS OF AMBON ARCHIPELAGO FISHERIES PORT INTO AN OCEAN FISHERY PORT USING SWOT ANALYSIS** 1 – 14  
*Ruth Phetrosina Soumokil*
- MODEL OPTIMISASI UNTUK MASALAH MINIMISASI WAKTU PERJALANAN WISATA TUR-TUNGGAL DI DAERAH KEPULAUAN** 15 – 28  
*Mohammad Thezar Afifudin*  
*Dian Pratiwi Sahar*
- ANALISIS PERENCANAAN PERSEDIAAN BAHAN BAKU PAKAN TERNAK DENGAN MENGGUNAKAN METODE LOT SIZING (Studi Kasus Pada PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk, Unit Makassar)** 29 – 36  
*A. Besse Riyani Indah*  
*Sapta Asmal*  
*Khalifah Amalia*  
*Dian Pratiwi Sahar*  
*Gerard Antonini Duma*
- ANALISIS BEBAN KERJA MENTAL DAN FISIK OPERATOR HD KOMATSU 785-7 (STUDI KASUS: PT. SIMS JAYA KALTIM)** 37 – 50  
*Hotma Kristian Silalahi*  
*Lina Dianati Fathimahhayati*  
*Willy Tambunan*
- KAJIAN DESAIN KAPAL PUKAT CINCIN YANG BERPANGKALAN DI PUSAT PENDARATAN IKAN DESA ERI KOTA MADYA AMBON** 51 – 58  
*Obed Metekohy*
- STUDI INVESTIGASI ANTROPOMETRI NELAYAN DUSUN ERIE DAN DUSUN SERI, KECAMATAN NUSANIWE, KOTA AMBON** 59 – 64  
*Ariviana Kakerissa*

## STRATEGY TO IMPROVE THE CLASS OF AMBON ARCHIPELAGO FISHERIES PORT INTO AN OCEAN FISHERY PORT USING SWOT ANALYSIS

**Ruth Phetrosina Soumokil**

Faculty of Engineering, Pattimura University, Jl. Ir. M. Putuhena, Ambon, 97128, Indonesia

E-mail korespondensi: [ut.soumokil@gmail.com](mailto:ut.soumokil@gmail.com)

### ABSTRAK

*Salah satu faktor penting dalam pengembangan usaha perikanan, khususnya kegiatan penangkapan ikan, adalah tersedianya infrastruktur dermaga atau tempat berlindung bagi kapal penangkap ikan dan pendaratan ikan hasil tangkapannya. Prasarana tersebut berupa Pelabuhan Perikanan atau Pangkalan Pendaratan Ikan sebagai tempat atau pangkalan kapal penangkap ikan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kondisi Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) Ambon terhadap kriteria Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS), dan merumuskan strategi pengembangan PPN Ambon dalam rangka meningkatkan kelasnya menjadi Pelabuhan Perikanan Samudera. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan penyebaran kuesioner, wawancara, dan pengumpulan data sekunder. Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan purposive sampling sebanyak 20 responden kunci. Alat analisis yang digunakan adalah analisis deskriptif dan analisis SWOT. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa: Operasi yang ada di AFP Ambon menunjukkan perkembangan yang meningkat dari tahun ke tahun, baik dalam pendaratan ikan, kunjungan kapal nelayan, distribusi pasokan, penerimaan negara bukan pajak, serta jumlah nelayan dan tenaga kerja. Dari hasil penelitian Strategi Pembangunan AFP Ambon dalam rangka peningkatan kelas Pelabuhan Perikanan Laut, dihasilkan sepuluh strategi.*

**Kata Kunci:** Pelabuhan Perikanan Nusantara; Kondisi Saat Ini; Analisis SWOT; Pelabuhan Perikanan Laut

### ABSTRACT

*An essential factor for the development of fisheries business, especially fishing activities, is the availability of infrastructure for berths or shelter for fishing vessels and landing their catch fish. The infrastructure is in the form of a Fishing Port or Fish Landing Base as a place or base for fishing vessels. This research aimed to examine the condition of Archipelago Fisheries Port (AFP) on the criteria of an Ocean Fishery Port (OFP), and formulated a strategy for developing Ambon AFP in order to increase its class to an Ocean Fishery Port. The method used in this research was descriptive. Data collection techniques carried out by distributing questionnaires, interviews, and secondary data collection. Sampling was done by using purposive sampling as many as 20 key respondents. The analytical tool used was descriptive analysis and SWOT analysis. The results of this study indicate that: Existing operations in Ambon AFP show increasing development from year to year, both in fish landing, fishing boat visits, supply distribution, non-tax state revenue, and the number of fishers and labour. From the Ambon AFP Development Strategy's research results in the context of improving the class of being an Ocean Fishery Port, ten strategies were produced.*

**Keywords :** Archipelago Fisheries Port; Existing Condition; SWOT Analysis; Ocean Fishery Port

## 1. INTRODUCTION

Ambon Archipelago Fisheries Port (Ambon AFP) is a fishing port that provides services to the fishing fleet, primarily to serve fishing vessels operating in Arafura Indonesia's Exclusive Economic Zone (EEZ), Banda sea waters and Seram sea. When viewed from the structure of the fishing fleet that visits and has activities in Ambon AFP so far, it is more dominated by large-scale fishing vessels (industry) above 30 GT. Meanwhile, for small-scale fishing vessels under 30 GT (Kim & Yeo, 2020), most activities in their fields or fishing centres which are in the bay of Ambon and on the coast of Ambon island. With its facilities, Ambon AFP has been supporting fishing activities in three potential Fisheries Management Areas namely WPP 714, WPP 715 and WPP 718 (Soemarmi & Diamantina, 2019), ranging from the mooring, loading and unloading, logistical supply, fisheries guidance, distribution facilitation and marketing of fishery products to facilitate the growth of the fishing industry through the fishing industry area owned by Ambon AFP. The direct impact of increased production, an increased supply of fish for local consumption, increased exports, employment, and increased Non-tax Revenue and Locally-generated revenue. Indirect impacts growth of other economic activities both within the port and around the port. These include the growth of the real sector, such as the fish processing industry, kiosks, stalls/restaurants, and other services. In addition to the contribution and role of the Ambon AFP in supporting the utilization of Maluku fisheries resources and Ambon City, the support and attention of the central government to the development of the regional fisheries sector is also extensive. From various programs and activities including the proposal to establish Maluku as the National Fish Barn (Bahasoan *et al.*, 2020), the Minapolitan Program and the Master Plan for the Acceleration and Expansion of Indonesia's Economic Development. The proposed designation of Maluku as a National Fish Barn is expected to increase the productivity of the capture fisheries and aquaculture business and trigger the fish processing industry's development. In this case, adequate infrastructure is needed, such as a fishing port. The government launched the Minapolitan Program; in this case, the Ministry of Maritime Affairs and Fisheries, in which Ambon was designated as one of the Minapolitan development areas (Raissa *et al.*, 2014). The center of capture fisheries production and trade that can as the main driver of the economy in the Minapolitan area is a fishing port. In developing this minapolitan, Ambon AFP is designated as the core zone of the capture fisheries Minapolitan area in Ambon. Besides, the government has established the Maluku Islands in corridor six of the 2011-2025 Indonesian Economic Acceleration and Expansion Master Plan (Septiono *et al.*, 2016) in which the master plan for processing the fisheries industry in Maluku be built-in Benjina, Tual, Ambon, and Seram. Furthermore, in the master plan, Ambon, as an economic centre, needs to be pursued downstream activities of the export-oriented fishing industry to create jobs through the creation of industrial value-added. In this case, the support of fishing ports becomes a vital role in the master plan. For some of the reasons above, the challenges faced by the Ambon AFP in carrying out their roles and functions in the future will be even more significant. Therefore, increasing the facility's capacity and increasing the class to become an Ocean Fishery Port (OFP) is necessary to play an optimal role in the development of Maluku fisheries. This research aimed to review the Ambon AFP condition against the criteria of an OFP and formulating a strategy for developing Ambon AFP in the context of upgrading its class to OFP.

### *a. Definition of a Fishing Port*

Fishing Port is a place consisting of land and waters around it with certain boundaries as a place for government activities and fishery business system activities used as a place for fishing boats to dock, anchor and or load and unload fish equipped with shipping safety facilities and supporting fisheries activities (ministerial regulation number: PER.08 / MEN / 2012) (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2012).

### *b. Carrying Capacity of Fishing Ports*

According to Syahril (2000), the pattern of operational activities at the Fishery Port or Fish Landing Base (PP/PPI) is divided into two activities, namely: operational activities in the

Sea/River and operational activities on land. Operational activities on the Sea/River include the following cycle of activities: Fishing, Landing at the loading dock, Services at loading docks, Maintenance and repair, Berthing and berthing. Operational activities on land, include the following activities: Auction of catches, Sorting and packing, Processing, Transportation, Marketing.

### ***c. Classification of Fishing Ports***

In accordance with the regulation of the Minister of Marine Affairs and Fisheries of the Republic of Indonesia number: PER.08 / MEN / 2012 (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2012), fishing ports are classified into four classes on the basis of service weight and load, vessel operating range and market orientation as follows:

1. Ocean Fishing Port (Class A) with the following criteria: Able to serve fishing vessels carrying out fishing activities in Indonesian waters, ZEEI and the high seas, have mooring and anchoring facilities for fishing boats with a size of at least 60GT, The length of the wharf should be at least 300m, with a pool of at least minus 3m, able to accommodate fishing boats of at least 100 units or a total of at least 6000GT, Utilize and manage at least 20 Ha of land, Fish that are landed partly for export, There are loading and unloading activities of fish and marketing of fishery products an average of 50 tons per day and, There is a fish processing industry and other supporting industries.
2. Archipelago Fishery Port (Class B), with the following criteria: Able to serve fishing boats that carry out fishing activities in Indonesian waters and ZEEI, Has mooring and anchoring facilities for fishing boats measuring at least 30GT, The length of the pier should be at least 150m with a pool depth of at least minus 3m, able to accommodate fishing boats of at least 75 units or a total of at least 2,250 GT, Utilize and manage at least 10 Ha of land, There are loading and unloading activities of fish and marketing of fishery products an average of 30 tonnes per day and, There is a fish processing industry and other supporting industries.
3. Coastal Fishing Port (class C) with the following criteria : Able to serve fishing boats carrying out fishery activities in Indonesian waters, Has mooring and anchoring facilities for fishing boats measuring at least 10GT, The length of the pier should be at least 100m with a pool depth of at least minus 2m, able to accommodate fishing boats of at least 30 units or a total of at least 300 GT, Utilize and manage at least 5 Ha of land, There is an activity of loading and unloading fish and marketing of fishery products an average of 5 tons per day, There is a fish processing industry and other supporting industries.
4. Fish Landing (Class D) with the following criteria : Able to serve fishing boats carrying out fishery activities in Indonesian waters, Has mooring and anchoring facilities for fishing boats with a size of at least 5GT, The length of the pier should be at least 50m with a pool depth of at least minus 1m, able to accommodate fishing boats of at least 15 units or a total of at least 75 GT, Utilize and manage at least 1 Ha of land, There are fish loading and unloading activities and marketing of fishery products at an average of 2 tons per day.

### ***d. Fishery Port Facilities***

#### **1. Main Facilities**

Main Facilities or also said to be infrastructure are basic facilities required for activities at a port. This facility serves to ensure the safety and smooth operation of the ship both while sailing in and out of the port and when docked at the port. These basic facilities include: a wharf, a harbor pool, a navigation aid, a breakwater or a breakwater.

#### **2. Functional Facilities**

An important functional facility that must be integrated with the fishing port area is the Fish Auction Place (TPI) which functions as a marketing place for fishery products using an auction system, while other facilities include processing facilities, drying, ice factories, cold storage, workshops, slipways (docking) and places to fill ship supplies do not have to be within the scope of the port area and the management system can be outside the port management.

### 3. Supporting Facilities

Supporting facilities are facilities that indirectly increase the role of the port or the actors to gain comfort in carrying out activities at the port. Supporting facilities consist of welfare facilities (MCK, polyclinic, warung, prayer room) and administrative facilities (management office, harbormaster, customs).

#### *e. SWOT*

SWOT is a way to systematically identify various factors in order to formulate a company strategy. This analysis is based on logic to maximize strength (strengths) and opportunities (opportunities), but simultaneously can minimize weaknesses and threats. SWOT analysis considers internal environmental factors, strengths and weaknesses, as well as external environmental opportunities and threats facing the business world. SWOT analysis compares external factors, opportunities and threats, with internal factors, strengths and weaknesses, so that a company's strategic decisions can be taken from this analysis. SWOT analysis is preceded by identifying the position of the company or institution through evaluating the value of internal factors and evaluating the value of external factors.

## 2. MATERIAL AND METHODS

The Material used in this research is: (1) Main Facilities, Functional Facilities and Supporting Facilities which exist at Ambon AFP, (2) operational performances such as: catching results based on catching area, a fish distribution based on marketing areas, a fish distribution based on marketing areas, amount of fish landed for 2013 – 2017 and fish processing industry at Ambon AFP.

The method used in this research was descriptive survey method (Salaria, 2003). The descriptive method aims to solve existing problems in the presence of an object by collecting data, compiling, analyzing, explaining, and drawing conclusions.

#### *a. Research Location and Time*

This research took place in Ambon AFP for 2 months, namely December 2018 - January 2019.

#### *b. Data Types and Sources*

The type of data used in this study consisted of primary data and secondary data. Primary data was collected at surveys and measurements directly in the field. The survey was conducted by conducting a structured interview (questionnaire) of several respondents, consisting of several stakeholders and authority holders related to the Ambon AFP. Secondary data was needed to support the evaluation of Ocean Fishery Port criteria, obtained from local government agencies and other relevant agencies. The collected data was then identified and classified according to type, then presented in tables, figures, and graphs.

#### *c. Research Variables*

The components that will be measured and assessed in this study, include : (1) Aspect of OFP Criteria, including Fishing area for the past 5 years, Mooring facilities, Pier length and pond depth, Capacity for fishing vessels over the past 5 years, The number of fish landed during the last 5 years, Land area, Laboratory facilities for testing the quality of fishery products, The fishing industry in Ambon AFP, (2) Development Aspects, including Inventory of internal factors that give rise to strengths and weaknesses and external factors that can give rise to opportunities and threats.

#### *d. Data collection technique.*

Data collection technique used in this research are : (1) Made a questionnaire to explore and collect primary data in accordance with the objectives of the study, (2) Determine Respondents who were in accordance with the work and responsibilities of the population that

had been determined, (3) Respondents' answers to questions on the questionnaire were data that was ready to be processed, (4) Secondary data collection as supporting data was obtained from the Ambon AFP.

#### *e. Data analysis*

The analytical tool used in this study was a descriptive analysis aimed at describing the phenomena that exist and interpreting the conditions or relationships that exist chronologically and also the SWOT Analysis (Putri *et al.*, 2018), which was used to identify various factors systematically to formulate a company's strategy. The analysis was based on a logic that can maximize strengths and opportunities but simultaneously minimize weaknesses (Weaknesses) and threats (Threats). Thus, strategic planning (strategic planner) must analyze the factors of the company's strategy (strengths, weaknesses, opportunities, and threats) in the current conditions. In this analysis, two factors must be systematically identified, internal and external. Internal factors in this analysis are Strength (S) and Weakness (W), while external factors were Opportunity (O) and Threat (T).

### 3. RESULT AND DISCUSSION

The Ambon Archipelago Fisheries Port is located within the Ambon Bay region, precisely in Pandan Kasturi Hamlet, Batu Merah Village, Sirimau District, Ambon City, and Maluku Province a Geographical Location of 03°-40'-42" South Latitude and 128°-10'-32" East Longitude. Ambon PPN has an area of  $\pm 6$  Ha (60,000m<sup>2</sup>) consisting of the land area of 35,000m<sup>2</sup> (3.5 Ha) and the area of the pier (Port pond)  $\pm 25,000$ m<sup>2</sup> (2.5 Ha).

The Ambon AFP began construction in the 1984/1985 fiscal year and was completed in 1996. At that time, the class was the Fish Landing Base (FLB) or Type D Port under the Maluku Provincial Fisheries Service. In 2000, FLB Ambon was upgraded to the Indonesian Archipelago Fisheries Port (Type B Harbor) with the status of a central Technical Implementation Unit (UPT) under the Directorate General of Capture Fisheries, Ministry of Maritime Affairs and Fisheries (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2012).

#### *a. Facilities and Infrastructure at Ambon AFP*

Existing facilities in Ambon AFP currently include (Yeni *et al.*, 2017; Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2012):

##### 1. Main Facilities

In accordance with the Regulation of the Minister of Maritime Affairs and Fisheries number Regulation 08/Minister/2012 concerning Fishing Ports, Article 4 paragraph 5, the Principal Facilities that must exist at the Fishery Port (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2012) include as in the following Table :

**Table 1.** Ambon AFP Main Facilities

No	Basic Facilities	Total	Volume
1	Port area		
	• Mainland	1 Unit	35.609 m <sup>2</sup>
	• Sea / Harbor	1 Unit	24.391 m <sup>2</sup>
2	Dock	1 Unit	(444,6 x 8 ) m <sup>2</sup>
3	Trestle / Jetty	8 Unit	(6- 10) x 6 m <sup>2</sup>
4	Revetment	1 Unit	600 m <sup>2</sup>
5	Complex Roads	1 Unit	3000 m <sup>2</sup>
6	Complex Fence	1 Unit	1.027 m <sup>2</sup>
7	Open Drainage	1 Unit	1.317 m <sup>2</sup>
8	Closed Drainage	1 Unit	110 m <sup>2</sup>
9	Groin	345 Unit	0,5 x 0,5 x 0,5 m <sup>2</sup>



## 2. Functional Facilities

Regulation of the Minister of Maritime Affairs and Fisheries number Regulation 08/Minister 2012 concerning Fishing Ports, article 4 paragraph 3, provides a limitation of functional facilities (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2012), in general, consisting of in the following table :

**Table 2.** Ambon AFP Functional Facilities

No	Functional Facilities	Total	Volume
1	Fish Auction Building	1 Unit	(25 x 15) m <sup>2</sup>
2	Water Installation		
	• Aresian Well	1 Unit	
	• Tank	2 Unit	
3	Fuel tank and installation	1 Unit	500 m <sup>3</sup>
4	Electricity and Installation	1 Unit	82,5 KVa
5	Generator set	2 Unit	18 Kva & 75 KVa
6	Assembly Hall	1 Unit	500 m <sup>2</sup>
7	Administration Office	1 Unit	1133 m <sup>2</sup>
8	One-stop office	1 Unit	150 m <sup>2</sup>
9	Parking area	1 Unit	1155,95 m <sup>2</sup>
10	Garage	1 Unit	145 m <sup>2</sup>
11	House for Generator set	1 Unit	125m <sup>2</sup>
12	Navigation Lights	3 Unit	
13	Ice factory	1 Unit	10 Ton
14	Reefer container	1 Unit	20 Ft (12 ton)
15	Reefer containerBuilding		20 Ft (4 ton)
16	Air Blast FreezerContainer	1 Unit	325,50 m <sup>2</sup>
17	Cooperative building	1 Unit	100 m <sup>2</sup>
18	Hydrant	1 Unit	
19	Fire Safety	10 Unit	
20	Speed boat	1 Unit	
21	Forklift	1 Unit	5 Ton
22	Forklift Garage	1 Unit	
23	Occupational Health and Safety	1 Unit	
24	Telecommunication		
	• Telephone	3 Unit	
	• SSB Radio	2 Unit	
	• Internet	1 Unit	

## 3. Supporting Facilities

Supporting Facilities function indirectly to support the smooth management of fishing ports. Minister of Maritime Affairs and Fisheries Regulation number Regulation08/Minister/2012 concerning Fishing Ports, Article 4 paragraph 4, provides a general limitation of supporting facilities (Yeni et al., 2017; Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2012) consisting of Fishermen Meeting Centers, Mess Operators, Fishermen's Houses, Social and Public Facilities such as Worship, bath-wash-toilet, shops, and security posts. In Ambon AFP, the existence of supporting facilities in general consists of 5 facilities included in the function group as mentioned above, can be seen in the following table :

**Table 3.** Ambon AFP Supporting Facilities

No	Supporting	Total	Volume
1	Official residence	5 Unit	1 x 120m <sup>2</sup> ; 4 x 36m <sup>2</sup>
2	Guest House	1 Unit	120 m <sup>2</sup>
3	Security Post	2 Unit	2 (4 x 5) m <sup>2</sup>
4	Science and	1 Unit	10
5	Public toilet	1 Unit	40m <sup>2</sup>

#### 4. Operational Performance.

Since being established as a type B fishing port, Ambon AFP has experienced much progress in terms of its facilities and its performance in providing services where this can be seen at the operational level.

Fisheries port operations include services to fishing communities. The services provided by Ambon AFP to fishers in the form of services that support fishers operational activities such as fulfilling logistical needs for sailing supplies and issuance of sailing permits, catch landing activities, distribution, and marketing of catches and ship repair activities.

**Table 4.** Ambon AFP Main Performance Indicators 2013-2017

No	Indicators	2013	2014	2015	2016	2017
1	Ship Visits	491	867	906	1.121	1.310
2	Fish Landing (ton)	8.214	23.825	62.689.452	72.014.452	73.901.742
3	Number of Fishermen & Manpower (people)	7.439	9.180	9.518	9.613	6.450
4	Clean water delivery (tons)	7.620	11.940	22.048	883	8164
5	Fuel Distribution (Kl)	19.287	29.186	37.866	30.832	9.061
6	Distribution of Ice (tons)	358	147	210.900	520.700	132.700
7	Non-Tax Revenue (Rp)	365.083.810	475.252.618	518.130.792	515.478.750	673.898.612

#### *b. Analysis of Ambon AFP Conditions on Criteria for a OFP*

1. The First Criteria : Able to serve fishing vessels that conduct fisheries activities in Indonesian waters, the Indonesian Exclusive Economic Zone and the High Sea.

From the research result obtained data as in the following table :

**Table 5.** Catching Results Based On Catching Area

Catching Area	Total	Years				
		2013	2014	2015	2016	2017
Arafura Sea	148.540.625	46.479.086	8.211.000	21.924.233	61.538.987	69.842.222
Maluku Sea	18.985	0	0	0	625.965	1.353.580
Banda Sea	1.918.393	13.240	3.500	1.901.653	524.500	818.650
Total		46.492.326	8.214.500	23.825.886	62.689.452	72.014.452

From the results of the research conducted, it is known that the ships that landed their catches in Ambon AFP, mostly carried out fishing activities in the Territorial Region (Maluku Sea), EEZ (Arafura Sea) and International Waters (Banda Sea). So the Ambon AFP has fulfilled the first criteria of an Ocean Fishery Port (Yeni *et al.*, 2017; Hutapea *et al.*, 2018; Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2012).

2. The Second Criteria : Have mooring facilities for fishing vessels measuring at least 60GT.

The Mooring facilities owned by Ambon AFP can be seen as in the following table :

**Table 6.** Ambon AFP Mooring Facilities

No	Facilities	Total	Volume
1.	Dock	1 unit	(444,6 x 8 ) m <sup>2</sup>
2.	Harbor Pond		24.391 m <sup>2</sup>
3.	Trestle/Jetty	8 unit	(6- 10) x 6 m <sup>2</sup>
4.	Revetment	1 unit	600 m <sup>2</sup>
5.	Navigation	3 unit	

Mooring facilities owned by Ambon AFP include Pier, Harbor Pool and Navigation lights, and all are in good condition and can be used for ships up to 200 GT, thus fulfilling the second requirement of an ocean fishery port (Yeni *et al.*, 2017; Hutapea *et al.*, 2018; Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2012).

3. The Third Criteria : The length of the pier is at least 300 m, with entry to the pool at least minus 3m.

The Pier in Ambon AFP is 444 meters long, with a depth of 3m pool. In 2012 there is also an increase of 60 meters of the pier's length to be 504 meters. Thus the Ambon AFP has met criteria such as the Ocean Fishery Port (Yeni *et al.*, 2017; Hutapea *et al.*, 2018; Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2012). The problem that may arise in the future is a necessity of sedimentation in the port pond. Further research is needed to remain in the ideal boundary so that incoming fishing vessels can carry out loading and unloading activities or maneuver and dock well.

4. The Fourth Criteria : Able to accommodate fishing vessels of at least 100 units or a total number of at least 6000GT.

From the research result obtained data as in the following table :

**Table 7. Ship Visits Based On Ship Size**

Ship Size	Years				
	2013	2014	2015	2016	2017
<5	2	0	0	0	0
5-10	25	38	22	28	30
10-20	45	122	67	102	7
20-30	4	19	10	10	163
30-50	73	136	105	157	8
50-100	253	285	324	371	193
100-200	32	122	142	199	424
>200	57	145	236	254	485
Total	491	867	906	1121	1310

Vessels that enter Ambon AFP on average have a large Gross Tonnage. Based on Ship Visit data, from 1310 ship visits, 424 are vessels with a size of 100-200 GT, and 485 ships measuring more than 200 GT in 2017. The data means that a total of 909 ships measuring more than 100GT. Even from direct observation, there were ships with a size of 2500 GT that were landing Fish. From this data, it is known that Ambon AFP has fulfilled the fourth criteria of an Ocean Fishery Port (Yeni *et al.*, 2017; Hutapea *et al.*, 2018; Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2012).

5. The Fifth Criteria : Utilize and manage the land at least 20 Ha.

Ambon AFP has an area of  $\pm 6$  Ha (60,000m<sup>2</sup>) consisting of land area/land area of 35,000m<sup>2</sup> (3.5 Ha) and the area of the pier (Port pond)  $\pm 25,000$ m<sup>2</sup> (2.5 Ha). Ambon AFP also collaborates with the Maluku Provincial Maritime and Fisheries Service in Testing Fish Quality, where the testing Laboratory is outside the Ambon AFP area. Besides, Ambon AFP cooperates with *Perikani* (Public Corporation) to use workshops for fishing vessels that require workshop facilities. This workshop is also located outside the Ambon AFP area. From this data, it is known that Ambon AFP has fulfilled the fifth criteria of an Ocean Fishery Port (Yeni *et al.*, 2017; Hutapea *et al.*, 2018; Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2012).

For the future, the Ambon AFP has also planned to expand the land to the west toward the Arumbae Market area. Concrete steps that have been carried out by the Ambon AFP in the context of land expansion include holding a meeting with the community around the Ambon

AFP area, where the community has agreed to be relocated with several compensation agreements. This land expansion plan also has the support of the Maluku Governor and the Mayor of Ambon.

6. The Sixth Criteria : Fish landed were part of export purposes.

Fish marketing data based on marketing objectives for the past 5 (five) years can be seen in the following table :

**Table 8.** Fish Distribution Based On Marketing Areas

Marketing objective	Volume/Years (Kg)				
	2013	2014	2015	2016	2017
Local	3.423.759	334.175	338.638	518.149	223.148
Regional	245.460	4.070.202	3.576.175	2.349.988	2.450.300
Export	2.756.808	8.507.532	54.615.028	69.626.811	71.589.717

Distribution and marketing activities of fisheryproducts by the fishing industry in Ambon AFP consist of 3 (three) marketing objectives, namely local, regional, and export. For local marketing, it only covers Ambon Island, while for inter-island/destination marketing, the areas include Kendari, Makassar, Benoa, Surabaya, and Jakarta. For the export market, there are 2 (two) commodities. Frozen shrimp commodities are marketed with destination countries of Japan, Hong Kong, Vietnam, and China, whereas frozen mixed fish commodities are marketed with destinations of Thailand, Japan, and South Korea. Thus the Ambon AFP has met the Sixth criteria of the Ocean Fishery Port (Yeni *et al.*, 2017; Hutapea *et al.*, 2018; Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2012).

7. The Seventh Criteria :There are fish loading and unloading activities and marketing of fishery products on average 50 tons per day

The number of fish landed in Ambon AFP over the past 5 years can be seen in the following table:

**Table 9.** Amount of Fish Landed for 2013 – 2017

No	Year	Amount of
1	2013	8,214,500
2	2014	23,825,886
3	2015	62,689,453
4	2016	72,014,452
5	2017	73,901,742

From data above can be seen that the Ambon AFP has fulfilled the seventh criteria of an Ocean Fishery Port (Yeni *et al.*, 2017; Hutapea *et al.*, 2018; Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2012).

8. The Eight Criteria :There is a fish processing industry and other supporting industries.

In Ambon AFP, there are approximately 20 fishing industries until 2017 namely: Damarina Alam Bahari Inc., Tri Satria Samudera 01 Inc., Mitra Utama Maluku Inc., Harta Samudera 01 Inc., Pemantik Sumber Pratama Inc., Fa. Sanu, Mina Sejahtera Inc., C.V. Tuna Maluku, Fatma Kamah, CV. Wandry Jaya, CV. Hatukau Mandiri, Fisheries and Maritime Service, Sinar Abadi Cemerlang Inc., Harta Samudra 02 Inc., Tri Satria Samudra 02 Inc., Indomina Bangun Persada Inc., Makara Inc., SamuderaPratama Jaya Inc., Sinar Abadi Cemerlang 02 Inc., Jaring Mas Inc..

From data above can be seen that the Ambon AFP has fulfilled the eight criteria of an Ocean Fishery Port (Yeni *et al.*, 2017; Hutapea *et al.*, 2018; Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2012).

### c. SWOT Analysis

#### 1. Identification of Internal and External Factors

Based on the identification of the potential in Ambon AFP, several important factors were found that became the basis for determining the strategy to improve Ambon AFP class, as follows:

**Table 10.** Ambon AFP External and Internal Factors

INTERNAL FACTORS	EXTERNAL FACTORS
STRENGTH (S)	OPPORTUNITY (O)
A. Strategic role (S <sub>1</sub> )	A. Strategic location (O <sub>1</sub> )
B. Existing facilities (S <sub>2</sub> )	B. Government Regulations and Policies (O <sub>2</sub> )
C. Fish Resources (S <sub>3</sub> )	C. Quality of Catches (O <sub>3</sub> )
D. Fisheries Companies (S <sub>4</sub> )	D. Educational Institutions (O <sub>4</sub> )
E. Fish Landing Volume (S <sub>5</sub> )	E. Investor Interest (O <sub>6</sub> )
F. Excellent service (S <sub>6</sub> )	F. Development of Catches (S <sub>7</sub> )
G. Fishing Vessel Visit (S <sub>7</sub> )	G. Marketing (O <sub>8</sub> )
H. Export Volume (S <sub>8</sub> )	H. Minapolitan Program (O <sub>9</sub> )
I. Labor (S <sub>9</sub> )	
WEAKNESS (W)	THREAT (T)
A. Limited land (W <sub>1</sub> )	A. The function of Ambon PPN is still not optimal (T <sub>2</sub> )
B. Low Involvement Fishermen (W <sub>2</sub> )	B. Illegal Fishing (T <sub>4</sub> )
C. The fish auction has not been used (W <sub>3</sub> )	C. The law enforcement has not been optimal (T <sub>5</sub> )
	D. The nearest fishing port (T <sub>6</sub> )

#### 2. Assessment of External and Internal Factors

To determine the weight and rating of the elements contained in internal and external factors, namely by providing a list of questions to 20 key respondents who were considered to be able to provide an appropriate assessment. The 20 respondents were: 1 person from the Maluku Province Maritime and Fisheries Service, 1 person from the Ambon City Maritime and Fisheries Service, 3 people from staff in the Ambon AFP, 13 from the company in the Ambon AFP, and 2 people from the community around the Ambon AFP area. The assessment of the 20 respondents was then compared with the total answers of all elements so that the relative weighting results obtained as shown in the table below:

**Table 11.** Weight And Rating Against Internal Factors

INTERNAL STRATEGY FACTORS				
	STRENGTH	WEIGHT	RATING	SCORE
1.	Strategic Role	0.0415636	4.2	0.174567
2.	Existing Facilities	0.0390896	3.95	0.1544038
3.	Fish Resources	0.0410688	4.15	0.1704354
4.	Fishing Company	0.0395844	4	0.1583375
5.	Fish Landing Volume	0.0395844	4	0.1583375
6.	Excellent Service	0.0390896	3.95	0.1544038
7.	Fishing Vessel Visit	0.0410688	4.15	0.1704354
8.	Export Volume	0.0410688	4.15	0.1704354
9.	Labor	0.0336467	3.4	0.1143988
	WEAKNESS	WEIGHT	RATING	SCORE
1.	Limited Land	0.0331519	3.35	0.1110589
2.	Low Involvement of	0.0301831	3.05	0.0920584
3.	The fish auction has not been used.	0.0336467	3.4	0.1143988

**Table 12.** Weight And Rating of External Factors

EXTERNAL STRATEGY FACTORS				
OPPORTUNITY		WEIGHT	RATING	SCORE
1.	Strategic Location	0.0445324	4.5	0.2003958
2.	Government Regulation and Policies	0.0415636	4.2	0.174567
3.	Quality of Catches	0.0410688	4.15	0.1704354
4.	Educational Institutions	0.0420584	4.25	0.1787481
5.	Investor Interest	0.0390896	3.95	0.1544038
6.	Development of Catches	0.0381	3.85	0.1466848
7.	Marketing	0.0381	3.85	0.1466848
8.	Minapolitan Program	0.0445324	4.5	0.2003958
THREAT		WEIGHT	RATING	SCORE
1.	The Function of Ambon AFP is not optimal	0.0341415	3.45	0.1177882
2.	Illegal Fishing	0.0301831	3.05	0.0920584
3.	The law enforcement has not been optimal	0.0321623	3.25	0.1045275
4.	The nearest fishing port	0.0306779	3.1	0.0951014

### 3. The determination of Ambon AFP Class Improvement Strategy

At this stage, there are two steps that must be done, namely the determination of the coordinates and the determination of Quadrants.

- The Determination of Coordinate Points

To determine the coordinates, the formula was used as follows :

$$\begin{aligned}
 &= \left( \frac{\text{Score of Strength} - \text{Score of Weakness}}{2}, \frac{\text{Score of Opportunity} - \text{Score of Threat}}{2} \right) \\
 &= \left( \frac{1.4257546 - 0.3175161}{2}, \frac{1.3723157 - 0.5000247}{2} \right) \\
 &= \left( \frac{1.1082385}{2}, \frac{0.8722909}{2} \right) \\
 &= (0.5541192 ; 0.4361455)
 \end{aligned}$$

- The Determination of Quadrants

From the results of determining the coordinates of the internal and external factors on the coordinates (0.5541192; 0.4361455) and both have positive values then it is in quadrantone.

### 4. Alternative Strategy for Ambon AFP Development

The resulting strategy consists of several alternative strategies. To determine the priority of the strategy carried out, the total weighting that comes from the relationship between SWOT elements contained in an alternative strategy. The total weight of the scores will determine the priority sequence of alternative strategies needed to develop a strategic plan for improving the Ambon AFP Class to become the Ocean Fishery Port..

**Table 13.** Rank of Alternative Strategy for Improving Ambon AFP Class

No	SWOT unit	Linkages	Weight	Rank
1	Strategy SO	S <sub>1</sub> ,S <sub>2</sub> ,S <sub>3</sub> ,S <sub>4</sub> ,S <sub>5</sub> ,S <sub>6</sub> ,S <sub>7</sub> ,S <sub>8</sub> ,S <sub>9</sub> ,O <sub>1</sub> ,O <sub>2</sub> ,O <sub>3</sub> ,O <sub>4</sub> ,O <sub>5</sub> ,O <sub>6</sub> ,O <sub>7</sub> ,O <sub>8</sub>	0.68481	1
2	Strategy ST	S <sub>1</sub> ,S <sub>2</sub> ,S <sub>3</sub> , S <sub>4</sub> , S <sub>5</sub> ,S <sub>6</sub> ,S <sub>7</sub> ,S <sub>8</sub> ,S <sub>9</sub> , T <sub>1</sub> ,T <sub>2</sub> ,T <sub>3</sub> ,T <sub>4</sub>	0.513112	2
3	Strategy WO	W <sub>1</sub> ,W <sub>2</sub> ,W <sub>3</sub> ,O <sub>1</sub> ,O <sub>2</sub> ,O <sub>3</sub> ,O <sub>4</sub> ,O <sub>5</sub> ,O <sub>6</sub> ,O <sub>7</sub> ,O <sub>8</sub> ,	0.426027	3
4	Strategy WT	W <sub>1</sub> ,W <sub>2</sub> ,W <sub>3</sub> ,T <sub>1</sub> ,T <sub>2</sub> ,T <sub>3</sub> ,T <sub>4</sub>	0.25433	4

### 5. Formulation of Strategy

The formulation of the Ambon AFP Class Improvement strategy using the SWOT matrix as an analytical tool can produce four possible strategies; namely, SO strategy, ST strategy, WO strategy, and WT strategy, by combining internal and external identification matrices. The

analysis conducted is based on Rangkuti (2006), which is based on the logic of maximizing strengths and opportunities and simultaneously minimizing weaknesses (Weaknesses) and threats (Threats). This SWOT analysis is used as a guide (guideline) to determine the strategy to improve the class of Ambon AFP to an Ocean Fishery Port.

From the results of the analysis using the SWOT matrix, it was obtained linkages between internal and external factors. The linkage between internal and external factors resulted in 10 alternative strategies. The ten alternative strategies in question are as follows:

**Table 14.** Alternative Strategy for Improving Ambon AFP Class

	<b>STRENGTH (S)</b>	<b>WEAKNESS (W)</b>
<b>IFAS</b>	1. Strategic Role 2. Existing facilities 3. Fish Resources 4. Fishing Company 5. Landing Volume 6. Excellent Services 7. Fishing Vessel Visit 8. Export Volume 9. Labor	1. Limited land 2. Low involvement of fishermen 3. Fish Auction place has not been used
<b>EFAS</b>		
<b>OPPORTUNITY (O)</b>	<b>STRATEGY SO</b>	<b>STRATEGY WO</b>
1. Strategic location 2. Government Regulations and Policies 3. Quality of Catches 4. Educational Institutions 5. Investor Interest 6. Development of catches 7. Marketing 8. Minapolitan Program	1. Optimizing the services of fishing vessels operating in the Territorial, EEZ and International waters 2. Increased mooring capacity 3. Optimization of the utilization of the pier 4. Product optimization for export purposes	1. Increase in AFP land 2. Development of an integrated business enterprise business model system
<b>THREAT (T)</b>	<b>STRATEGY ST</b>	<b>STRATEGY WT</b>
1. The function of Ambon AFP is still not optimal 2. Illegal Fishing 3. The law enforcement has not been optimal 4. Nearest Fishing Port	1. Enhancing basic facilities, functional facilities and supporting facilities 2. Increased surveillance in the Sea of Illegal Fishing Activities	1. Development of quality testing collaboration 2. Increasing the capacity of value-added oriented industries 3. Development of cooperation in the utilization of workshops and slipways

#### **d. Strategic Recommendation**

Of the 10 Alternative Strategies obtained previously, the Strategy Recommendations that can be developed are as follows :

1. Optimization of Fishing Vessel Services operating in territorial territories, EEZ and international waters, the recommendations of development:
  - Increase the socialization and promotion of Ambon AFP service capacity to fishing companies whose fleets operate in the service area.
  - Develop facilities for Ambon AFP users for fishing vessels operating in the Territorial, EEZ, and international waters.
2. Increasing mooring capacity, the recommendations of development :
  - Increase the number of vessels with a capacity of 30 GT and above in utilizing the Mooring facility
  - Increase the socialization and promotion of mooring service capacity owned by AFP Ambon.
3. Optimization of the utilization of the pier, the recommendations of development :
  - Increase the number of fleets utilizing the pier owned by AFP Ambon.
  - Increase the totality of pier services
4. Production Optimization for export market purposes, development recommendations :
  - Increase the volume of production that is directed for export purposes
  - Develop a marketing network of direct fishery products for export.

5. Ambon AFP Land Development, the development recommendations :
  - Prepare and socialize the academic concept of land development needs as a critical AFP Ambon need in improving services for fishing vessels.
  - Establish intensive communication with the community and local government related to Ambon land development.
6. Development of Integrated Mina Business System models, the recommendations of development :
  - Develop a model for developing a business system that accommodates fishing, processing, and distribution.
  - Providing key facilities that support value-added oriented processing activities.
7. Enhancing the Basic Facilities, Functional Facilities, Supporting Facilities, and other facilities that support industrial activities, the recommendations of development :
  - To raise funding facilities that are not yet optimal from the Government or the private sector.
  - To raise funding for the development of functional facilities that are not optimal from the Government and the private sector.
  - Mobilize Funding for the development of Support Facilities that have not been optimal, both from the Government and the private sector.
  - Raise other development funds to support industrial activities in the Ambon AFP environment.
8. Increasing Oversight of the Sea of Illegal Fishing, the recommendations of development :
  - Increase supervision of illegal fishing activities
  - Increase funding for surveillance activities in the Sea of illegal fishing activities
  - Increasing cooperation with related parties in overcoming the problem of illegal fishing
9. Development of Quality Testing Cooperation, the recommendations of development :
  - Building a quality test laboratory in AFP Ambon carried out jointly between AFP Ambon and fisheries management institutions in Maluku Province.
  - Developing quality testing activities jointly with the province to support the optimization of port functions in the context of quality testing.
  - Increase the share of quality testing management with the provincial government.
10. Increasing the capacity of value-added oriented industries, the recommendations of development :
  - Develop processing industries to increase economic added value in AFP Ambon, Ambon city, and Maluku Province.
  - Creating a conducive investment atmosphere for investors who want to develop the processing industry in AFP Ambon, so it is not limited to handling activities.

## CONCLUSION

Research on the Analysis of the Strategy for Improving the Class of the Ambon Archipelago Fisheries Port into an Ocean Fishery Port produces several conclusions :

1. Existing operations in Ambon AFP show increasing development from year to year, both in fish landing, fishing vessel visits, supply distribution, non-tax state revenue, and fishers and labour. The carrying capacity of the Ambon AFP, in general, is full and meets the criteria for the establishment of an Ocean Fishery Port
2. From the Ambon AFP Development Strategy's research results in improving the class to an Ocean Fisheries Port, ten strategies were produced.

## REFERENCES

- Bahasoan, H., Hakim, D. B., Nurmalina, R., & Putri, E. I. K. (2020). *JOURNAL OF TRADING , ECONOMICS AND Analysis of Growth Center and Hinterland Areas in Maluku Province Indonesia*. 2(2009), 8–13. <https://gnomepublications.org/ArticlePDFs/Trading/JTEB-002.2-0001.pdf>



- Hutapea, R. Y. ., Solihin, I., & Nurani, T. W. (2018). PERAN PELABUHAN PERIKANAN SAMUDERA NIZAM ZACHMAN DALAM MENDUKUNG INDUSTRI TUNA (The Role of Nizam Zachman Oceanic Fishing Port to Support Tuna Industries). *Marine Fisheries: Journal of Marine Fisheries Technology and Management*, 8(2), 187. <https://doi.org/10.29244/jmf.8.2.187-198>
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2012). *Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan RI Nomor PER.08/MEN/2012 Tentang Kepelabuhanan Perikanan*. 1–20. <http://jdih.kkp.go.id/peraturan/per-08-men-2012.pdf>
- Kim, D. J., & Yeo, D. J. (2020). Estimation of drafts and metacentric heights of small fishing vessels according to loading conditions. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, 12, 199–212. <https://doi.org/10.1016/j.ijnaoe.2019.11.001>
- Putri, A. S., Solihin, I., & Wiyono, E. S. (2018). Strategi Optimalisasi Fungsi Pelabuhan Perikanan Dalam Pemasaran Hasil Tangkapan Di Ppp Lempasing. *ALBACORE Jurnal Penelitian Perikanan Laut*, 1(2), 171–183. <https://doi.org/10.29244/core.1.2.171-183>
- Raissa, D. R., Setiawan, R. P., & Rahmawati, D. (2014). Identification of Indicators Influencing Sustainability of Minapolitan Area in Lamongan Regency. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 135, 167–171. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.07.342>
- Salaria, N. (2003). Process oriented information management in construction. *International Journal of Transformation in Business Management*, 1(6), 1–7. <http://www.ijtbm.com/>
- Septiono, M. A., Roosmini, D., Salami, I. R. S., Ariesyadi, H. D., & Lufiandi. (2016). Industrial Activities and Its Effects To River Water Quality (Case Study Citarum, Bengawan Solo and Brantas), an Evaluation for Java Island As an Economic Corridor in Master Plan of Acceleration and Expansion of Indonesia Economic Development (Mp3Ei) 2011. *The 12th International Symposium on Southeast Asian Water Environment (SEAWE2016)*, November.
- Soemarmi, A., & Diamantina, A. (2019). Konsep Negara Kepulauan Dalam Upaya Perlindungan Wilayah Pengelolaan Perikanan Indonesia. *Masalah-Masalah Hukum*, 48(3), 241. <https://doi.org/10.14710/mmh.48.3.2019.241-248>
- Yeni, E., Naufal, A., Studi, P., Sumberdaya, P., & Perikanan, F. (2017). *Identifikasi aktivitas pengembangan fasilitas pelabuhan perikanan pantai lampulo banda aceh*. November, 355–363.

## MODEL OPTIMISASI UNTUK MASALAH MINIMISASI WAKTU PERJALANAN WISATA TUR-TUNGGAL DI DAERAH KEPULAUAN

**Mohammad Thezar Afifudin\***

Program Studi Teknik Industri, Universitas Pattimura, Kota Ambon, Indonesia

**Dian Pratiwi Sahar**

Program Studi Teknik Industri, Universitas Pattimura, Kota Ambon, Indonesia

\*E-mail korespondensi: [thezar.afifudin@fatek.unpatti.ac.id](mailto:thezar.afifudin@fatek.unpatti.ac.id)

### ABSTRAK

*Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model optimasi penyelesaian masalah minimisasi waktu perjalanan wisata tur-tunggal di daerah kepulauan. Model dikembangkan dengan menggunakan pendekatan integer programming dan diformulasikan dalam bentuk non-linear. Faktor-faktor yang dipertimbangkan meliputi klaster pulau, rute dan jadwal keberangkatan di setiap titik koneksi, dan seleksi titik akomodasi. Validasi model dilakukan melalui percobaan numerikal untuk menguji konsistensi dan adaptabilitas nilai keluaran model terhadap perubahan parameter yang diberikan. Skenario percobaan direncanakan berdasarkan variasi hari keberangkatan dan maksimum waktu kover titik akomodasi. Hasil menunjukkan bahwa model memiliki adaptabilitas dan konsisten terhadap perubahan parameter berdasarkan empat belas skenario yang diberikan.*

**Kata Kunci:** optimisasi, perutean, penjadwalan, tur, kepulauan.

### ABSTRACT

*This study aims to develop an optimization model to solve the insular single-tour tourist trips time-minimization problems. The model is developed using an integer programming approach and is formulated in a non-linear form. Factors considered include island clusters, routes and departure schedules at each connection point, and the selection of accommodation points. Model validation is done through numerical experiments to test the consistency and adaptability of the model output values to changes in given parameters. The experimental scenario is planned based on the variation of the day of departure and the maximum cover time for the accommodation point. The results show that the model has adaptability and consistent with parameter changes based on the fourteen given scenarios.*

**Keywords:** optimization, routing, scheduling, tour, insular.

### 1. PENDAHULUAN

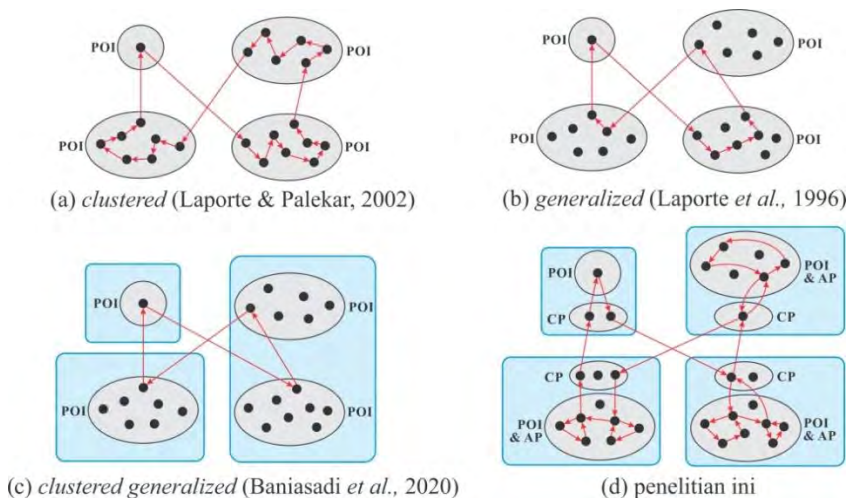
Perkembangan teknologi informasi memudahkan wisatawan dapat mengakses dan merencanakan sendiri rute perjalanan ke spot-spot wisata yang diinginkan. Banyak industri wisata mulai menyediakan fasilitas pendukung keputusan untuk memudahkan wisatawan dapat mengakses informasi, baik mengenai ketersediaan sarana prasarana transportasi, rute wisata ke spot-spot, waktu perjalanan dan kunjungan, dan biaya yang diperlukan. Fasilitas tersebut dapat berupa aplikasi secara personal maupun *online* yang terintegrasi ke website. Untuk mendukung fasilitas tersebut, beberapa model penyelesaian masalah perjalanan wisata mulai diperkenalkan oleh para peneliti, diantaranya adalah *tourist trip design problem* (TTDP).

TTDP didefinisikan sebagai masalah perencanaan rute bagi turis untuk mengunjungi sejumlah POI (Vansteenwegen & Oudheusden, 2007). TTDP dikenal juga dengan nama *travel itinerary problem* (TIP) atau *tour route plan problem* (TRPP). TTDP dirancang untuk kebebasan wisatawan memilih spot dan rute yang diinginkan. Perspektif ini yang menyebabkan TTDP berbeda dengan masalah-masalah tur lainnya (lihat Lim *et al.* 2018; Anagnostopoulos *et al.*, 2016).

Pembahasan mengenai TTDP tidak terlepas dari *orienteering problem* (OP) dan *vehicle routing problem* (VRP). Vansteenwegen *et al.* (2011) menjelaskan bahwa versi dasar TTDP memiliki korespondensi dengan OP, salah satu varian VRP. Gunawan *et al.* (2018) menyajikan survey secara detail mengenai OP dan aplikasinya ke TTDP. Secara umum, TTDP dibagi menjadi dua, yaitu *single-tour* TTDP dan *multi-tour* TTDP. *Single-tour* TTDP dikembangkan dari OP, sedangkan *multi-tour* TTDP dari *team OP* (TOP). Varian-varian TTDP dan algoritma penyelesaiannya yang telah diperkenalkan dapat dilihat dalam Gavalas *et al.*, 2014.

Dalam penelitian ini, varian baru dari *single-tour* TTDP diperkenalkan terkait dengan zona kepulauan dan pendekatan penyelesaiannya. Beberapa varian OP yang bersinggungan dengan masalah ini diantaranya *clustered OP* (COP), *generalized OP* (GOP), *time-dependent OP* (TDOP), dan *OP with hotel selection* (OPHS). Masalah dideskripsikan sebagai perencanaan tur seorang turis ke sejumlah titik wisata yang diinginkan (Point of Interest – POI), yang tersebar pada sejumlah pulau, dimana lamanya tur tidak melebihi batasan waktu yang ditentukan. Sistem masalah (lihat Gambar 1) terdiri dari: (1) himpunan atau set pulau (klaster), (2) set titik koneksi antar pulau (*Connection point* – CP), seperti pelabuhan atau bandara, (3) set titik meliputi titik-titik wisata (*Point of Interest* – POI) yang memiliki fasilitas akomodasi (penginapan) dan yang tidak, dan titik-titik alternatif akomodasi (*Accommodation Points* – AP), dan (4) set jadwal keberangkatan. Setiap pulau memiliki sedikitnya satu POI yang memiliki fasilitas penginapan dan satu CP yang terhubung dengan dua CP lainnya (di dua pulau berbeda).

Dilihat dari strukturnya, sistem masalah ini meliputi karakteristik klasterisasi (*clustered*) dan generalisasi (*generalized*). Kedua terminologi tersebut digunakan para peneliti untuk membedakan struktur sistem masalah perutean ke sejumlah titik yang dibatasi dalam grup. Klasterisasi lebih ditekankan pada kunjungan semua titik di setiap klaster (Laporte & Palekar, 2002), sedangkan generalisasi hanya ditekankan pada kunjungan semua klaster, atau setidaknya satu titik harus dikunjungi di setiap klaster (Laporte *et al.*, 1996). *Clustered OP* (COP) didiskusikan oleh Angelelli *et al.* (2014), sedangkan *Generalized OP* (GOP) didiskusikan oleh Geem *et al.* (2005). Riset terbaru yang dilakukan Baniasadi *et al.* (2020) menjadi motivasi untuk penelitian ini. Dalam penelitian tersebut, diperkenalkan gabungan antara klasterisasi dan generalisasi (*clustered generalized*).



**Gambar 1.** Perbedaan *link* berdasarkan terminologi *clustered-generalized* dalam perutean

Terminologi *time-dependent* dalam masalah perutean pertama kali dikemukakan oleh Malandraki & Daskin (1992) untuk menyelesaikan *time-dependent* VRP (TDVRP) menggunakan MILP. Pengembangannya pada OP (TDOP) dilakukan oleh Garcia *et al.*, 2010, Gunawan *et al.*, 2014, Verbeeck *et al.*, 2014, dan Abbaspour & Samadzadegan, 2011. Namun, terminologi *time-dependent* dalam penelitian-penelitian tersebut hanya terikat pada satu aspek, dimana waktu perjalanan antara dua titik bergantung pada waktu keberangkatan dari titik sebelumnya. Dalam penelitian ini, *time-dependent* ditinjau pada dua aspek. Pertama, waktu perjalanan antara dua pulau bergantung pada waktu keberangkatan dari pulau sebelumnya. Waktu keberangkatan dari suatu pulau ditentukan berdasarkan pada seleksi rute antar pulau dan jadwal keberangkatan yang tersedia. Kedua, waktu perjalanan antar dua titik (di suatu pulau) bergantung pada waktu keberangkatan dari titik sebelumnya. Waktu antar titik (CP, POI, dan/atau AP) adalah asimetrik dan deterministik. Lama kunjungan ke suatu pulau diestimasi dari selisih antara waktu keberangkatan dari pulau tersebut dan keberangkatan dari pulau sebelumnya. Gambar 2 mengilustrasikan lama kunjungan terdiri dari waktu perjalanan laut, perjalanan darat, dan menunggu keberangkatan. Waktu/ biaya perjalanan laut ke suatu pulau diestimasi mulai dari keberangkatan dari pulau sebelumnya hingga tiba di titik kedatangan di pulau tersebut. Sedangkan waktu/ biaya perjalanan darat di suatu pulau diestimasi mulai dari titik kedatangan hingga tiba di titik keberangkatan.



**Gambar 2.** Ilustrasi perjalanan dan kunjungan suatu pulau

Hubungannya dengan *hotel selection* dapat dilihat pada seleksi titik akomodasi (e.g. penginapan dan hotel). Divsalar *et al.* (2013) mengemukakan OPHS sebagai masalah perjalanan turis multi-hari dengan mempertimbangkan hotel sebagai titik akomodasi. Perjalanan ke sejumlah POI bergantung pada hotel-hotel yang diseleksi, diawali dari hotel dan kembali ke hotel. Masalah ini diselesaikan dengan menggunakan metode *variable neighborhood search* (VNS). Berbeda dengan penelitian ini, titik akomodasi (*accommodation point* - AP) hanya akan dipilih jika memenuhi waktu kover maksimum yang ditentukan. Selain itu, tujuan dari model masalah tidak untuk memaksimalkan, melainkan meminimisasi skor (waktu) (e.g. Vansteenwegen *et al.*, 2012).

Hingga kini, riset-riset mengenai *single-tour* TTDP pada zona kepulauan tidak ditemukan. Masalah perencanaan tur dengan pertimbangan zona kepulauan hanya ditemukan pada masalah-masalah perutean kendaraan. Miranda *et al.* (2015) dan González *et al.* (2017) mengatasi jenis masalah perutean kapal terkait dengan pengumpulan sampah di zona kepulauan. Dalam kasus tersebut, pemilihan titik koneksi antar pulau (pelabuhan) dioptimalkan secara bersamaan dengan keputusan urutan kunjungan, sambil mempertimbangkan proses pengangkutan jalur darat ke pelabuhan. Masalah ini kemudian dikenal dengan *insular traveling salesman problem* (ITSP) (Miranda *et al.*, 2018). Namun, masalah ini tidak mempertimbangkan penjadwalan. Afifudin & Sahar (2020) mengusulkan penyelesaian masalah perutean dan penjadwalan truk-tunggal dalam pendistribusian produk-tunggal di zona kepulauan. Dalam kasus tersebut, seleksi titik koneksi antar pulau (pelabuhan) dioptimalkan secara bersamaan dengan keputusan urutan kunjungan untuk mendapatkan *makespan* optimal.

Fokus penelitian ini adalah untuk mengembangkan model optimisasi untuk penyelesaian varian baru TTDP yang telah dibahas, yaitu masalah minimisasi waktu perencanaan rute tunggal pada zona kepulauan.

## 2. METODE DAN BAHAN

### a. Metode

Integer programming (IP) digunakan sebagai pendekatan penyelesaian masalah. Dalam pendekatan ini, sistem masalah diformulasi menjadi model matematis non-linear integer sesuai dengan deskripsi batasan sistem. Model tersebut diprogram menggunakan alat bantu (software/aplikasi) untuk divalidasi konsistensi dan adaptabilitasnya.

Validasi model dilakukan melalui percobaan numerikal terhadap perubahan parameter yang diberikan. Skenario percobaan direncanakan sebanyak empat belas berdasarkan hari keberangkatan dan waktu kover penginapan. Indikator validitas dilihat pada harapan yang diinginkan. Harapan dari adaptasi model, yaitu ketika waktu kover penginapan, maka akan memberikan nilai tujuan (waktu) yang lebih kecil atau sama. Selain itu, variasi hari keberangkatan harus menunjukkan variasi capaian, baik pada waktu perjalanan antar pulau, waktu perjalanan dalam pulau, waktu menunggu, makespan, waktu keberangkatan, atau rute. Model dikatakan teruji jika keseluruhan harapan terpenuhi.

### b. Bahan

Untuk memudahkan validasi, formula matematis model diprogram dengan menggunakan software bantu (Lingo) dan aplikasi MS Excel. Parameter-parameter yang digunakan dalam validasi dikreasi dari masalah-masalah yang sering dihadapi oleh industri-industri wisata di Maluku. Data-data yang digunakan sebagai parameter-parameter model dapat diakses pada Afifudin (2021) atau <https://data.mendeley.com/datasets/39yhpfp7ct/1>. Dataset tersebut disusun berdasarkan struktur sistem masalah yang meliputi 5 pulau, 10 titik koneksi (CP), 13 titik (POI/AP), dan 54 jadwal keberangkatan selama waktu perencanaan.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### a. Set dan index

Set dan indeks yang digunakan dalam formulasi model sebagai berikut:

$Q^1$  = Set pulau =  $\{1,2,\dots,N^1\}$ , dimana  $N^1$  adalah banyaknya pulau

$Q^2$  = Set titik koneksi antar pulau (pelabuhan/bandara) =  $\{1,2,\dots,N^2\}$ , dimana  $N^2$  adalah banyaknya titik koneksi antar pulau

$Q^3$  = Set titik penginapan dan wisata =  $\{1,2,\dots,N^3\}$ , dimana  $N^3$  adalah banyaknya titik penginapan dan wisata

$Q^4$  = Set jadwal/ waktu keberangkatan =  $\{1,2,\dots,N^4\}$ , dimana  $N^4$  adalah banyaknya jadwal/ waktu keberangkatan

$A, B$ , atau  $C$  = Indeks untuk setiap pulau

$D, E$ , atau  $F$  = Indeks untuk setiap titik koneksi antar pulau (pelabuhan/bandara)

$G, H$ , atau  $I$  = Indeks untuk setiap titik penginapan dan wisata

$J$  = Indeks untuk setiap waktu keberangkatan

### b. Parameter-parameter

Beberapa parameter yang perlu ditentukan sebelumnya sebagai berikut:

$Z_{A,D}$  = 1, jika pelabuhan/bandara  $D$  berlokasi di pulau  $A$ ; dan 0, jika tidak

$Z_{B,A,G}$  = 1, jika penginapan/spot  $G$  berlokasi di pulau  $A$ ; dan 0, jika tidak

$Z_{C,D,E}$  = 1, jika pelabuhan/bandara  $D$  dan  $E$  terkoneksi; dan 0, jika tidak

$Z_{D,G,H}$  = 1, jika penginapan/spot  $G$  dan  $H$  terkoneksi; dan 0, jika tidak

$T_{A,D,E}$  = Waktu perjalanan antar pelabuhan dari  $D$  ke  $E$

$T_{B,G,H}$  = Waktu perjalanan antar penginapan/spot wisata dari  $G$  ke  $H$

- $TC_{D,G}$  = Waktu perjalanan dari pelabuhan  $D$  ke penginapan/spot wisata  $G$   
 $TD_{G,D}$  = Waktu perjalanan dari penginapan/spot wisata  $G$  ke pelabuhan  $D$   
 $TE_D$  = Waktu proses *load-unload* muatan di pelabuhan  $D$   
 $TF_G$  = Waktu proses di penginapan/spot wisata  $G$   
 $XA_G$  = 1, jika titik  $G$  termasuk penginapan; dan 0, jika tidak  
 $XB_G$  = 1, jika titik  $G$  termasuk spot wisata; dan 0, jika tidak  
 $VA_K$  = Waktu keberangkatan pada jadwal  $K$   
 $VB_{D,E,K}$  = 1, jika perjalanan dari pelabuhan/bandara  $D$  ke  $E$  menggunakan jadwal  $K$ ; dan 0, jika tidak  
 $S$  = Maksimum waktu mulai dari pulau urutan pertama  
 $MaxC$  = Maksimum waktu kover perjalanan ke spot-spot wisata tujuan dari titik penginapan.

**c. Variabel-variabel keputusan**

Variabel-variabel keputusan yang digunakan dalam formulasi meliputi:

- $YA_{A,D}$  = 1, jika pelabuhan/bandara  $D$  dipilih sebagai titik kedatangan di pulau  $A$ ; dan 0, jika tidak  
 $YB_{A,D}$  = 1, jika pelabuhan/bandara  $D$  dipilih sebagai titik keberangkatan di pulau  $A$ ; dan 0, jika tidak  
 $WA_{D,E}$  = 1, jika rute pelabuhan/bandara  $D$  ke  $E$  dipilih; dan 0, jika tidak  
 $YC_{A,G}$  = 1, jika titik  $G$  dipilih sebagai titik penginapan di pulau  $A$ ; dan 0, jika tidak  
 $WB_{G,H}$  = 1, jika rute dari titik penginapan/spot  $G$  ke  $H$  dipilih; dan 0, jika tidak  
 $WC_{D,G}$  = 1, jika rute dari pelabuhan/bandara  $D$  ke titik penginapan  $G$  dipilih; dan 0, jika tidak  
 $WD_{G,D}$  = 1, jika rute dari titik penginapan  $G$  ke pelabuhan/bandara  $D$  dipilih; dan 0, jika tidak  
 $WE_{G,H}$  = 1, jika titik  $G$  dipilih sebagai titik penginapan untuk mengunjungi spot  $H$ ; dan 0, jika tidak  
 $WF_{G,H,I}$  = 1, jika pada loop penginapan  $G$ , rute dari penginapan/spot  $H$  ke  $I$  dipilih; dan 0, jika tidak  
 $VC_{A,B,J}$  = 1, jika keberangkatan dari pulau  $A$  ke  $B$  pada waktu  $J$  dipilih; dan 0, jika tidak.  
 $TTS_A$  = Waktu keberangkatan dari pulau  $A$ .

**d. Variabel-variabel tambahan**

- $YD_{G,H}$  = 1, jika  $TB_{G,H} \leq MaxC$  dan  $XA_G=XB_H=1$ ; dan 0, jika tidak  
 $XC_G$  = 1, jika  $XA_G=1$  dan  $XB_G=0$ ; dan 0, jika tidak  
 $TT_A$  = Jumlah waktu dibutuhkan untuk mengunjungi pulau  $A$  mulai dari keberangkatan dari pulau sebelumnya sampai tiba di titik keberangkatan pulau  $A$   
 $CT_A$  = Jumlah biaya dibutuhkan untuk mengunjungi pulau  $A$  mulai dari keberangkatan dari pulau sebelumnya sampai tiba di titik keberangkatan pulau  $A$

**e. Formulasi Matematis**

Model penyelesaian masalah diformulasi melalui pemrograman integer non-linear sebagai berikut:

**Tujuan:**

$$\text{Minimize } [Max(TTS_A) + TT_1 - Min(TTS_A)] + T$$

$$T = \left. \begin{aligned} & \left[ \sum_D \sum_E WA_{D,E} \cdot TA_{D,E} + \sum_G \sum_H WB_{G,H} \cdot TB_{G,H} + \sum_D \sum_G WC_{D,G} \cdot TC_{D,G} + \right. \\ & \left. \sum_G \sum_D WD_{G,D} \cdot TD_{G,D} + \sum_G \sum_H \sum_I WF_{G,H,I} \cdot TB_{H,I} + \sum_A \sum_D YA_{A,D} \cdot TE_D + \right. \\ & \left. \sum_A \sum_D YB_{A,D} \cdot TE_D + \sum_A \sum_G ZB_{A,G} \cdot XB_G \cdot TF_G + \right. \\ & \left. \sum_A \sum_G (1 - YC_{A,G}) \cdot ZB_{A,G} \cdot XA_G \cdot XB_G \cdot TG_G \cdot TF_G + \right. \\ & \left. \sum_A \sum_G YC_{A,G} \cdot ZB_{A,G} \cdot XC_G \cdot TF_G \right] + [Max(TTS_A) - TTS_1 + TT_1] \end{aligned} \right\} 2$$

$$\left. \begin{aligned} & Max(TTS_A) \geq \left( \sum_G XB_G \cdot TF_G \right) + (N_1 \cdot 2 \cdot Min(TE_D)) \\ & T \geq \left( \sum_G XB_G \cdot TF_G \right) + (N_1 \cdot 2 \cdot Min(TE_D)) \end{aligned} \right\} 3$$

Dalam masalah ini, waktu direpresentasikan dari total waktu perjalanan dan *makespan*. Untuk meminimisasi waktu, maka penjumlahan dari keduanya perlu diminimisasi. Ekuasi (1) merupakan formulasi untuk penjumlahan total waktu perjalanan dan *makespan*. Total waktu perjalanan ( $T$ ) merupakan akumulasi waktu dari perjalanan laut dan darat (Ekuasi 2). Ekuasi 3 menjelaskan nilai batas bawah (*lower bound*) untuk  $T$  dan waktu keberangkatan di pulau terakhir  $Max(TTS_A)$ .

#### Kendala-kendala:

1). Penentuan titik keberangkatan dan titik kedatangan di suatu pulau

$$YA_{A,D} = \{0,1\} ; \forall A \in Q^1, \forall D \in Q^2 \quad 4$$

$$YB_{A,D} = \{0,1\} ; \forall A \in Q^1, \forall D \in Q^2 \quad 5$$

$$YA_{A,D} \leq ZA_{A,D} ; \forall A \in Q^1, \forall D \in Q^2 \quad 6$$

$$YB_{A,D} \leq ZA_{A,D} ; \forall A \in Q^1, \forall D \in Q^2 \quad 7$$

$$\sum_D YA_{A,D} = 1 ; \forall A \in Q^1 \quad 8$$

$$\sum_D YB_{A,D} = 1 ; \forall A \in Q^1 \quad 9$$

Ekuasi (4) dan (5) mengatur nilai  $YA_{A,D}$  dan  $YB_{A,D}$  sebagai variabel keputusan titik keberangkatan dan kedatangan di suatu pulau hanya dalam batasan integer binari. Ekuasi (6) dan (7) membatasi setiap pelabuhan/ bandara yang akan menjadi titik keberangkatan dan kedatangan di setiap pulau hanya yang berlokasi di pulau A. Ekuasi (8) dan (9) membatasi jumlah titik keberangkatan dan kedatangan di setiap pulau harus sama dengan satu.

2). Penentuan rute antar pelabuhan

Ekuasi (10) mengatur nilai  $WA_{D,E}$  sebagai variabel keputusan rute antar titik koneksi (pelabuhan/ bandara) hanya dalam batasan integer binari. Ekuasi (11) membatasi  $WA_{D,E}$  akan bernilai 1 jika kedua titik terkoneksi ( $ZC_{D,E} = 1$ ).

$$WA_{D,E} = \{0,1\} ; \forall D \in Q^2, \forall E \in Q^2 \quad 10$$

$$WA_{D,E} \leq ZC_{D,E} ; \forall D \in Q^2, \forall E \in Q^2 \quad 11$$

$$WA_{D,E} \cdot ZA_{A,D} \cdot ZA_{A,E} \leq 0 ; \forall A \in Q^1, \forall D \in Q^2, \forall E \in Q^2, E \neq D \quad 12$$

$$\left. \begin{aligned} & WA_{D,E} \cdot ZA_{A,D} \cdot ZA_{B,E} \leq YB_{A,D} \\ & WA_{D,E} \cdot ZA_{A,D} \cdot ZA_{B,E} \leq YA_{B,E} \end{aligned} \right\} ; \forall A \in Q^1, \forall B \in Q^1, \forall D \in Q^2, \forall E \in Q^2, E \neq D \quad 13$$

$$\sum_D \sum_{E \neq D} WA_{D,E} \cdot ZA_{A,D} \cdot ZA_{B,E} + \sum_D \sum_{E \neq D} WA_{D,E} \cdot ZA_{B,D} \cdot ZA_{A,E} \leq 1 ; \forall A \in Q^1, \forall B \in Q^1 \quad 14$$

$$\sum_D \sum_{E \neq D} WA_{D,E} \cdot ZA_{A,D} \cdot ZA_{B,E} = 1 ; \forall A \in Q^1 \quad 15$$

$$\sum_B \sum_D \sum_{E \neq D} WA_{D,E} \cdot ZA_{B,D} \cdot ZA_{A,E} = 1 ; \forall A \in Q^1 \quad 16$$

$$\sum_B \sum_D \sum_E WA_{D,E} \cdot ZA_{A,D} \cdot ZA_{B,E} = N^1 ; \forall A \in Q^1 \quad 17$$

Terkait hubungannya dengan set pulau, penentuan  $WA$  memerlukan integrasi dengan parameter  $ZA$  yang menjelaskan keberadaan pelabuhan di suatu pulau. Ekuasi (12) menjelaskan bahwa rute antar-pulau tidak berlaku untuk dua titik pelabuhan yang sama. Ekuasi (13) menjelaskan bahwa rute antar-pulau hanya akan dipilih jika rute diawali dari titik keberangkatan di pulau sebelumnya dan berakhir di titik kedatangan di pulau tujuan. Ekuasi (14) membatasi agar rute keberangkatan dan kedatangan suatu pulau tidak terjadi pada pulau yang sama. Ekuasi (15) dan (16) membatasi jumlah rute keluar dari suatu pulau dan rute masuk hanya sekali. Sedangkan Ekuasi (17) membatasi jumlah rute antar-pulau hanya sebanyak jumlah pulau.

### 3). Penentuan titik penginapan di suatu pulau

$$YC_{A,G} = \{0,1\} ; \forall A \in Q^1, \forall G \in Q^3 \quad 18$$

$$YC_{A,G} \leq XA_G \cdot ZB_{A,G} ; \forall A \in Q^1, \forall G \in Q^3 \quad 19$$

$$1 \leq \sum_G YC_{A,G} \leq \sum_G XA_G \cdot ZB_{A,G} ; \forall A \in Q^1 \quad 20$$

$$YD_{G,H} = \begin{cases} 1, & TB_{G,H} \leq MaxC; XA_G = XB_H = 1 \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases} ; \forall G \in Q^3, \forall H \in Q^3 \quad 21$$

$$\sum_G YC_{A,G} \cdot YD_{G,H} \leq XB_H \cdot ZB_{A,H} ; \forall A \in Q^1, \forall H \in Q^3 \quad 22$$

Ekuasi (18) mengatur nilai  $YC$  sebagai variabel keputusan titik penginapan di suatu pulau hanya dalam batasan integer binari. Ekuasi (19) membatasi  $YC$  suatu titik akan bernilai 1 jika titik tersebut termasuk penginapan dan berlokasi di pulau yang sesuai ( $XA_G = ZB_{A,G} = 1$ ). Ekuasi (20) membatasi jumlah  $YC_{A,G}$  di setiap pulau berada pada batasan sekurangnya sebanyak 1 dan selebihnya sebanyak jumlah penginapan yang tersedia di pulau tersebut.

Ekuasi (21) ditujukan pada variabel tambahan  $YD$  yang digunakan untuk membantu  $YC$  dalam mengkover titik wisata. Untuk indeks titik (penginapan)  $G$  dan indeks titik (wisata)  $H$ ,  $YD_{G,H}$  bernilai 1, jika waktu tempuh dari titik  $G$  ke  $H$  ( $TB_{G,H}$ ) berada pada range waktu pengkoveran sebesar parameter  $MaxC$ , titik  $G$  merupakan titik penginapan ( $XA_G = 1$ ), dan titik  $H$  merupakan titik wisata ( $XB_H = 1$ ). Sedangkan Ekuasi (22) menyatakan bahwa jumlah titik penginapan yang dapat mengkover titik-titik wisata harus memenuhi batasan  $YD$ .

### 4). Penentuan rute antar titik penginapan di suatu pulau

Ekuasi (23) mengatur nilai  $WB_{G,H}$  sebagai variabel keputusan rute antar titik penginapan di suatu pulau hanya dalam batasan integer binari. Ekuasi (24) membatasi  $WB_{G,H}$  akan bernilai 1 jika kedua titik terkoneksi ( $ZD_{G,H} = 1$ ).

$$WB_{G,H} = \{0,1\} ; \forall G \in Q^3, \forall H \in Q^3 \quad 23$$

$$WB_{G,H} \leq ZD_{G,H} ; \forall G \in Q^3, \forall H \in Q^3 \quad 24$$

$$WB_{G,H} = 0 ; \forall G \in Q^3, \forall H \in Q^3, H = G \quad 25$$

$$\left. \begin{array}{l} WB_{G,H} \cdot ZB_{A,G} \cdot ZB_{A,H} \leq YC_{A,G} \\ WB_{G,H} \cdot ZB_{A,G} \cdot ZB_{A,H} \leq YC_{A,H} \end{array} \right\} ; \forall A \in Q^1, \forall G \in Q^3, \forall H \in Q^3 \quad 26$$

$$\sum_G \sum_H WB_{G,H} \cdot ZB_{A,G} \cdot ZB_{A,H} = \sum_G YC_{A,G} ; \forall A \in Q^1 \quad 27$$

Terkait hubungannya dengan set pulau, penentuan  $WB$  memerlukan integrasi dengan parameter  $ZB$  yang menjelaskan keberadaan titik penginapan di suatu pulau. Ekuasi (25)



menjelaskan bahwa rute antar titik (penginapan) tidak berlaku untuk dua titik yang sama. Ekuasi (26) menjelaskan bahwa rute antar dua titik (penginapan) hanya akan dipilih jika kedua titik dipilih sebagai titik penginapan. Sedangkan Ekuasi (27) membatasi jumlah rute antar titik (penginapan) hanya sebanyak jumlah titik (penginapan) yang dipilih di suatu pulau.

5). Penentuan rute antar titik kedatangan dengan titik penginapan di suatu pulau

$$WC_{D,G} = \{0,1\} ; \forall D \in Q^2, \forall G \in Q^3 \quad 28$$

$$\left. \begin{aligned} WC_{D,G} \cdot ZA_{A,D} \cdot ZB_{A,G} &\leq YA_{A,D} \\ WC_{D,G} \cdot ZA_{A,D} \cdot ZB_{A,G} &\leq YC_{A,G} \end{aligned} \right\} ; \forall A \in Q^1, \forall D \in Q^2, \forall G \in Q^3 \quad 29$$

$$\sum_D \sum_G WC_{D,G} \cdot ZA_{A,D} \cdot ZB_{A,G} = 1 ; \forall A \in Q^1 \quad 30$$

Ekuasi (28) mengatur nilai  $WC_{D,G}$  sebagai variabel keputusan rute antar titik kedatangan dengan titik penginapan di suatu pulau hanya dalam batasan integer binari. Terkait hubungannya dengan set pulau, penentuan  $WB$  memerlukan integrasi dengan parameter  $ZA$  dan  $ZB$ .  $ZA$  untuk menjelaskan keberadaan pelabuhan di suatu pulau, sedangkan  $ZB$  untuk menjelaskan keberadaan titik penginapan di suatu pulau.

Ekuasi (29) menjelaskan bahwa rute antar titik kedatangan dengan titik penginapan hanya akan dipilih jika titik  $D$  dipilih sebagai titik kedatangan dan titik  $G$  dipilih sebagai titik penginapan di suatu pulau. Sedangkan Ekuasi (30) membatasi jumlah rute antar titik kedatangan dengan titik penginapan di suatu pulau hanya sebanyak satu.

6). Penentuan rute antar titik penginapan dengan titik keberangkatan di suatu pulau

$$WD_{G,D} = \{0,1\} ; \forall G \in Q^3, \forall D \in Q^2 \quad 31$$

$$\left. \begin{aligned} WD_{G,D} \cdot ZB_{A,G} \cdot ZA_{A,D} &\leq YC_{A,G} \\ WD_{G,D} \cdot ZB_{A,G} \cdot ZA_{A,D} &\leq YB_{A,D} \end{aligned} \right\} ; \forall A \in Q^1, \forall G \in Q^3, \forall D \in Q^2 \quad 32$$

$$\sum_G \sum_D WD_{G,D} \cdot ZB_{A,G} \cdot ZA_{A,D} = 1 ; \forall A \in Q^1 \quad 33$$

Ekuasi (5.32) menjelaskan bahwa rute antar titik penginapan dengan titik keberangkatan hanya akan dipilih jika titik  $G$  dipilih sebagai titik penginapan di suatu pulau dan titik  $D$  dipilih sebagai titik keberangkatan. Sedangkan Ekuasi (33) membatasi jumlah rute antar titik penginapan dengan titik keberangkatan di suatu pulau hanya sebanyak satu.

7). Penentuan konektivitas rute antar titik penginapan dengan titik kedatangan dan titik keberangkatan di suatu pulau

Untuk mengkoneksikan titik kedatangan, titik penginapan, dan titik keberangkatan di suatu pulau, maka diperlukan formulasi seperti yang dapat dilihat pada Ekuasi (34). Ekuasi ini membatasi sistem model agar penentuan jumlah rute yang menuju ke suatu titik penginapan  $G$ , sama besarnya dengan jumlah rute yang keluar dari titik  $G$ . Rute yang masuk menuju titik  $G$  dapat berasal dari titik kedatangan atau titik penginapan lain, sedangkan rute yang keluar dari titik  $G$  dapat menuju ke titik penginapan lain atau langsung ke titik keberangkatan.

$$\left. \begin{aligned} \sum_D WC_{D,G} \cdot ZA_{A,D} \cdot ZB_{A,G} + \sum_{H \neq G} WB_{H,G} \cdot ZB_{A,H} \cdot ZB_{A,G} &= \\ \sum_{H \neq G} WB_{G,H} \cdot ZB_{A,G} \cdot ZB_{A,H} + \sum_D WD_{G,D} \cdot ZB_{A,G} \cdot ZA_{A,D} & \end{aligned} \right\} ; \forall A \in Q^1, \forall G \in Q^3 \quad 34$$

8). Penentuan pengkoveran titik penginapan terhadap spot-spot wisata di suatu pulau

Ekuasi (35) mengatur nilai  $WE_{G,H}$  sebagai variabel keputusan pengkoveran titik penginapan terhadap spot-spot wisata di suatu pulau hanya dalam batasan integer binari. Ekuasi (36) membatasi  $WE_{G,H}$  akan bernilai 1 jika kedua titik terkoneksi ( $ZD_{G,H} = 1$ ).

$$WE_{G,H} = \{0,1\} ; \forall G \in Q^3, \forall H \in Q^3 \quad 35$$

$$WE_{G,H} \leq ZD_{G,H} \quad ; \forall G \in Q^3, \forall H \in Q^3 \quad 36$$

$$WE_{G,H} \cdot ZB_{A,G} \cdot ZB_{A,H} \leq YC_{A,G} \cdot YD_{G,H} \quad ; \forall A \in Q^1, \forall G \in Q^3, \forall H \in Q^3 \quad 37$$

$$\sum_G WE_{G,H} \cdot ZB_{A,G} \cdot ZB_{A,H} \leq XB_H \cdot ZB_{A,H} \quad ; \forall A \in Q^1, \forall H \in Q^3 \quad 38$$

$$\sum_G WE_{G,H} \cdot ZB_{A,G} \cdot ZB_{A,H} = (1 - YC_{A,H}) \cdot XB_H \cdot ZB_{A,H} \quad ; \forall A \in Q^1, \forall H \in Q^3 \quad 39$$

$$\sum_G \sum_H WE_{G,H} \cdot ZB_{A,G} \cdot ZB_{A,H} = \sum_G \sum_H XB_H \cdot ZB_{A,H} \quad ; \forall A \in Q^1 \quad 40$$

Terkait hubungannya dengan set pulau, penentuan  $WE$  memerlukan integrasi dengan parameter  $ZB$  yang menjelaskan keberadaan titik penginapan dan spot wisata di suatu pulau. Ekuasi (37) menjelaskan bahwa titik  $G$  hanya dapat mengkover spot wisata  $H$  jika titik  $G$  merupakan titik penginapan dan memenuhi kriteria  $YD$ . Terkait dengan  $YD$ , dapat dilihat pada Ekuasi (21). Ekuasi (38) dan (39) menjelaskan bahwa banyaknya titik penginapan yang dapat mengkover suatu titik  $H$  hanya akan terjadi jika  $H$  merupakan spot wisata. Ekuasi ini juga membatasi banyak titik penginapan yang dapat mengkover suatu titik  $H$  hanya sebanyak satu. Sedangkan Ekuasi (40) membatasi jumlah koveran tidak lebih dari jumlah spot yang ada.

#### 9). Penentuan rute antar spot wisata dan dengan titik penginapan di suatu pulau

Ekuasi (41) mengatur nilai  $WF_{G,H,I}$  sebagai variabel keputusan rute antar spot wisata dan dengan titik penginapan di suatu pulau hanya dalam batasan integer binari. Ekuasi (42) membatasi  $WF_{G,H,I}$  sakan bernilai 1 jika ketiga titik terkoneksi ( $ZD_{G,H} = ZD_{G,I} = ZD_{H,I} = 1$ ).

Terkait hubungannya dengan set pulau, penentuan  $WF$  memerlukan integrasi dengan parameter  $ZB$  yang menjelaskan keberadaan titik penginapan dan spot wisata di suatu pulau. Ekuasi (43) membolehkan rute antar titik yang sama dapat terjadi pada titik penginapan. Ekuasi(44) mengatur agar rute akan dimulai dari dan diakhiri di penginapan. Ekuasi (45) menjelaskan rute dari titik  $H$  ke  $I$  pada  $loop$   $G$  hanya akan terjadi jika titik  $G$  dipilih sebagai titik penginapan, sedangkan Ekuasi (46) membatasi agar rute tidak terjadi pada spot wisata yang sama.

$$WF_{G,H,I} = \{0,1\} \quad ; \forall G \in Q^3, \forall H \in Q^3, \forall I \in Q^3 \quad 41$$

$$WF_{G,H,I} \leq ZD_{G,H} \cdot ZD_{G,I} \cdot ZD_{H,I} \quad ; \forall G \in Q^3, \forall H \in Q^3, \forall I \in Q^3 \quad 42$$

$$WF_{G,G,G} \leq WE_{G,G} \quad ; \forall G \in Q^3 \quad 43$$

$$\sum_I WF_{G,I,H} = \sum_I WF_{G,H,I} \quad ; \forall G \in Q^3, \forall H \in Q^3 \quad 44$$

$$WF_{G,H,I} \cdot ZB_{A,G} \cdot ZB_{A,H} \cdot ZB_{A,I} \leq YC_{A,G} \quad ; \forall A \in Q^1, \forall G \in Q^3, \forall H \in Q^3, \forall I \in Q^3 \quad 45$$

$$WF_{G,H,H} \cdot ZB_{A,G} \cdot ZB_{A,H} \leq 0 \quad ; \forall A \in Q^1, \forall G \in Q^3, \forall H \in Q^3, H \neq G \quad 46$$

$$WF_{G,H,G} \cdot ZB_{A,G} \leq WE_{G,H} \quad ; \forall A \in Q^1, \forall G \in Q^3, \forall H \in Q^3, H \neq G \quad 47$$

$$WF_{G,G,I} \cdot ZB_{A,G} \leq WE_{G,I} \quad ; \forall A \in Q^1, \forall G \in Q^3, \forall I \in Q^3, I \neq G \quad 48$$

$$\left. \begin{array}{l} WF_{G,H,I} \cdot ZB_{A,I} \leq WE_{G,H} \\ WF_{G,H,I} \cdot ZB_{A,H} \leq WE_{G,I} \\ (WF_{G,H,I} + WF_{G,I,H}) \cdot ZB_{A,G} \cdot ZB_{A,H} \cdot ZB_{A,I} \leq 1 \end{array} \right\} \quad ; \forall A \in Q^1, \forall G \in Q^3, \forall H \in Q^3, H \neq G, \\ \forall I \in Q^3, I \neq G, I \neq H \quad 49$$

$$\sum_I WF_{G,H,I} \cdot ZB_{A,G} \cdot ZB_{A,H} \cdot ZB_{A,I} \leq 1 \quad ; \forall A \in Q^1, \forall G \in Q^3, \forall H \in Q^3 \quad 50$$

$$\sum_I WF_{G,I,H} \cdot ZB_{A,G} \cdot ZB_{A,I} \cdot ZB_{A,H} \leq 1 \quad ; \forall A \in Q^1, \forall G \in Q^3, \forall H \in Q^3 \quad 51$$

$$\sum_H \sum_I WF_{G,H,I} \cdot ZB_{A,G} \cdot ZB_{A,H} \cdot ZB_{A,I} \geq \sum_H WE_{G,H} \cdot ZB_{A,G} \cdot ZB_{A,H} \quad ; \forall A \in Q^1, \forall G \in Q^3 \quad 52$$

$$\sum_H \sum_I WF_{G,H,I} \cdot ZB_{A,G} \cdot ZB_{A,H} \cdot ZB_{A,I} \leq \sum_H WE_{G,H} \cdot ZB_{A,G} \cdot ZB_{A,H} + 1 \quad ; \forall A \in Q^1, \forall G \in Q^3 \quad 53$$

$$\sum_{H=G} WF_{G,H,H} \cdot ZB_{A,G} \cdot ZB_{A,H} \leq 1 - \begin{cases} 1, & WE_{G,H} \cdot ZB_{A,G} \cdot ZB_{A,H} > 1 \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases} ; \forall A \in Q^1, \forall G \in Q^3 \quad 54$$

$$\begin{aligned} & \sum_G \sum_H \sum_I WF_{G,H,I} \cdot ZB_{A,G} \cdot ZB_{A,H} \cdot ZB_{A,I} = \\ & \sum_G YC_{A,G} + \sum_G XB_G \cdot ZB_{A,G} - \sum_G YC_{A,G} \cdot XB_G \cdot ZB_{A,G} \end{aligned} ; \forall A \in Q^1 \quad 55$$

Ekuasi (47) sampai (49) membatasi agar rute antar spot-spot wisata dan dengan titik penginapan dapat terjadi hanya jika spot-spot wisata dikover oleh titik penginapan tersebut. Ekuasi (50) dan (51) membatasi agar rute perjalanan antar dua titik tidak terjadi *overlap*. Ekuasi (52) dan (53) menjelaskan batasan jumlah rute yang diperlukan pada suatu *loop*. Ekuasi (54) membatasi agar rute pada titik penginapan yang sama hanya akan terjadi jika tidak ada spot wisata yang dikover. Sedangkan Ekuasi (55) menjelaskan batasan jumlah rute antar spot-spot wisata dan dengan titik penginapan di suatu pulau.

#### 10). Penentuan waktu keberangkatan dari suatu pulau

Ekuasi (56) mengatur nilai  $VC_{A,B,J}$  sebagai variabel keputusan waktu keberangkatan dari suatu pulau hanya dalam batasan integer binari. Kondisi  $VC_{A,B,J}=1$  dapat terjadi jika terdapat jadwal keberangkatan  $J$  dari pelabuhan  $D$  (yang berlokasi di pulau  $A$ ) ke pelabuhan  $E$  (yang berlokasi di pulau  $B$ ). Formulasi kondisi tersebut dapat dilihat pada Ekuasi (57). Sedangkan Ekuasi (58) sampai (60) membatasi jumlah keputusan waktu keberangkatan dari suatu pulau ke pulau lainnya hanya sebanyak satu.

$$VC_{A,B,J} = \{0,1\} ; \forall A \in Q^1, \forall B \in Q^1, \forall J \in Q^4 \quad 56$$

$$VC_{A,B,J} \leq \sum_D \sum_{E \neq D} WA_{D,E} \cdot ZA_{A,D} \cdot ZA_{B,E} \cdot VB_{D,E,J} ; \forall A \in Q^1, \forall B \in Q^1, B \neq A, \forall J \in Q^4 \quad 57$$

$$\sum_J VC_{A,B,J} \leq 1 ; \forall A \in Q^1, \forall B \in Q^1 \quad 58$$

$$\sum_{B \neq A} \sum_J VC_{A,B,J} = 1 ; \forall A \in Q^1 \quad 59$$

$$\sum_A \sum_B \sum_J VC_{A,B,J} = N^1 \quad 60$$

#### 11). Penentuan akumulasi waktu di suatu pulau

Akumulasi waktu di suatu pulau  $TT$  (lihat Ekuasi 61) bergantung pada:

- lamanya perjalanan ke pulau tersebut dari pulau lainnya,
- lamanya perjalanan dari titik kedatangan ke titik-titik penginapan hingga ke titik lamanya perjalanan dari titik penginapan ke spot-spot wisata dan kembali ke titik penginapan, dan
- lamanya waktu proses di pelabuhan-pelabuhan (seperti load-unload angkutan), waktu kunjungan di spot-spot wisata sesuai yang direncanakan, dan lamanya waktu proses di penginapan (seperti *check-in*) sesuai parameter yang diberikan.

$$TT_A = \left. \begin{aligned} & \sum_{B \neq A} \sum_D \sum_{E \neq D} WA_{D,E} \cdot ZA_{B,D} \cdot ZA_{A,E} \cdot TA_{D,E} + \sum_G \sum_H WB_{G,H} \cdot ZB_{A,G} \cdot ZB_{A,H} \cdot TB_{G,H} + \\ & \sum_D \sum_G WC_{D,G} \cdot ZA_{A,D} \cdot ZB_{A,G} \cdot TC_{D,G} + \sum_G \sum_D WD_{G,D} \cdot ZB_{A,G} \cdot ZA_{A,D} \cdot TD_{G,D} + \\ & \sum_G \sum_H \sum_I WF_{G,H,I} \cdot ZB_{A,G} \cdot ZB_{A,H} \cdot ZB_{A,I} \cdot TB_{H,I} + \sum_D YA_{A,D} \cdot ZA_{A,D} \cdot TE_D + \\ & \sum_D YB_{A,D} \cdot ZA_{A,D} \cdot TE_D + \sum_G ZB_{A,G} \cdot XB_G \cdot TF_G + \sum_G YC_{A,G} \cdot ZB_{A,G} \cdot XC_G \cdot TF_G \end{aligned} \right\} ; \forall A \in Q \quad 61$$

Dalam formulasi  $TT$ , terdapat variabel tambahan ( $XC$ ) yang diperlukan untuk menjelaskan suatu titik yang tidak termasuk spot wisata, tetapi diakomodir sebagai penginapan alternatif. Formulasi  $XC$  dapat dilihat pada Ekuasi (62) berikut.

$$XC_G = \begin{cases} 1, & XA_G = 1, XB_G = 0 \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases} ; \forall G \in Q^3 \quad 62$$

12). Penentuan waktu mulai perjalanan dari setiap urutan pulau

Keputusan mengenai waktu mulai perjalanan dari suatu pulau  $TTS$  bergantung pada pemilihan waktu keberangkatan ke pulau tujuan  $VC$  (lihat Ekuasi 66), waktu keberangkatan dari pulau sebelumnya, dan jumlah waktu perjalanan  $TT$  yang dibutuhkan untuk menyelesaikan kunjungan ke spot-spot di pulau tersebut (lihat Ekuasi 68). Nilai  $TTS$  berupa integer general dengan maksimum tidak melebihi maksimum parameter jadwal/ waktu keberangkatan (lihat Ekuasi 64 dan 65). Dalam model ini, waktu keberangkatan dari pulau urutan pertama merupakan parameter yang diketahui sebesar  $S$  (lihat Ekuasi 67).

$$TTS_A = INT \quad ; \forall A \in Q^1 \quad 63$$

$$0 \leq TTS_A \leq Max(VA_J) \quad ; \forall A \in Q^1 \quad 64$$

$$TTS_A = \sum_{B \neq A} VC_{A,B,J} \cdot VA_J \quad ; \forall A \in Q^1 \quad 65$$

$$TTS_A \leq S \quad ; \forall A \in Q^5, A = 1 \quad 66$$

$$TTS_A + TT_B - TTS_B \leq (1 - \sum_J VC_{A,B,J}) Max(VA_J) \quad ; \forall A \in Q^1, \forall B \in Q^1, B \neq A, B > 1 \quad 67$$

#### f. Percobaan Numerikal dan Pembahasan

Berdasarkan parameter yang ditentukan (lihat Bagian 2), model diprogram dengan software bantu (Lingo) dan dijalankan pada komputer standar sesuai empat belas skenario yang direncanakan. Hasil percobaan diperlihatkan pada Tabel 1 berupa waktumulai perjalanan dari pulau pertama, waktu perjalanan darat, waktu perjalanan laut, waktu menunggu, dan lama perjalanan (makespan/ timespan).

Dari hasil percobaan, dapat dijelaskan bahwa makespan minimum membagi hari-hari keberangkatan menjadi tiga kelompok. Kelompok pertama adalah hari Senin dengan makespan sebesar 148.97 jam. Kelompok kedua adalah hari Selasa, Kamis, Sabtu, dan Minggu dengan makespan sebesar 139.96 jam. Kelompok ketiga adalah hari Rabu dan Jumat dengan makespan sebesar 145.93 jam. Hasil yang sama juga terlihat pada variabel lamanya perjalanan laut dan waktu mulai keberangkatan dari pulau pertama.

Namun, nilai perjalanan darat untuk setiap hari berbeda ketika dinaikkan waktu kover titik akomodasi (AP). Misalnya pada kelompok hari pertama (Senin), ketika  $MaxC$  setiap AP diberi nilai minimum (0.9 jam), N10 dan N8 diseleksi sebagai AP. N10 merupakan POI dengan fasilitas akomodasi, sedangkan N8 merupakan titik akomodasi alternatif yang diseleksi untuk mengkover N9, N12, dan N11. Namun ketika nilai  $MaxC$  setiap AP dinaikkan dengan ekstrim (1.5 jam), kemampuan N8 digantikan oleh N10. Hal ini dapat dijelaskan bahwa model beradaptasi untuk mengurangi jumlah titik akomodasi yang diseleksi. Semakin tinggi kemampuan AP dalam mengkover POI-POI, maka semakin sedikit jumlah AP yang akan diseleksi. Sehingga, semakin kecil waktu perjalanan darat yang akan ditempuh. Fenomena tersebut juga terjadi pada kelompok-kelompok hari lainnya.

Berdasarkan percobaan tersebut, membuktikan bahwa model memiliki konsistensi dan adaptabilitas untuk setiap perubahan parameter berdasarkan skenario yang diberikan. Model divalidasi dengan menggunakan komputer spesifikasi standar. Tipe penyelesaian (solver) yang digunakan, yaitu *global solver*. Dengan spesifikasi dan tipe penyelesaian tersebut, kemampuan *running* software antara 3.9 sampai 12.2 menit.

**Tabel 1.** Hasil percobaan numerikal berdasarkan empat belas skenario

Skenario	Rute	Waktu Mulai dari Pulau 1 (jam)	Perjalanan Darat (jam)	Perjalanan Laut (jam)	Menunggu (jam)	Makespan (jam)
1 Berangkat Senin, MaxC 0.9 jam	N1-CP2-CP3-N2-CP3-CP5-N6- N4-N5-N7-N4-CP5-CP10-N13- CP10-CP9-N10-N8-N9-N12- N11-N8-CP9-CP2-N1	12.00	15.80	12.56	120.61	148.97
2 Berangkat Senin, MaxC 1.5 jam	N1-CP2-CP3-N2-CP3-CP5-N6- N5-N7-N6-CP5-CP10-N13- CP10-CP9-N10-N12-N11-N9- N10-CP9-CP2-N1	12.00	14.68	12.56	121.73	148.97
3 Berangkat Selasa, MaxC 0.9 jam	N1-CP2-CP3-N2-CP3-CP8- N10-N8-N9-N12-N11-N8-CP9- CP10-N13-CP10-CP5-N6-N4- N5-N7-N4-CP5-CP2-N1	6.00	15.75	13.58	110.63	139.96
4 Berangkat Selasa, MaxC 1.5 jam	N1-CP2-CP3-N2-CP3-CP8- N10-N12-N11-N9-N10-CP9- CP10-N13-CP10-CP5-N6-N5- N7-N6-CP5-CP2-N1	6.00	14.63	13.58	111.75	139.96
5 Berangkat Rabu, MaxC 0.9 jam	N1-CP2-CP9-N10-N8-N9-N12- N11-N8-CP9-CP10-N13-CP10- CP5-N6-N4-N5-N7-N4-CP4- CP3-N2-CP3-CP2-N1	12.00	15.87	12.30	117.76	145.93
6 Berangkat Rabu, MaxC 1.5 jam	N1-CP2-CP9-N10-N12-N11- N9-N10-CP9-CP10-N13-CP10- CP5-N6-N5-N7-N6-CP4-CP3- N2-CP3-CP2-N1	12.00	14.79	12.30	118.84	145.93
7 Berangkat Kamis, MaxC 0.9 jam	N1-CP2-CP3-N2-CP3-CP8- N10-N8-N9-N12-N11-N8-CP9- CP10-N13-CP10-CP5-N6-N4- N5-N7-N4-CP5-CP2-N1	6.00	15.75	13.58	110.63	139.96
8 Berangkat Kamis, MaxC 1.5 jam	N1-CP2-CP3-N2-CP3-CP8- N10-N12-N11-N9-N10-CP9- CP10-N13-CP10-CP5-N6-N5- N7-N6-CP5-CP2-N1	6.00	14.63	13.58	111.75	139.96
9 Berangkat Jumat, MaxC 0.9 jam	N1-CP2-CP9-N10-N8-N9-N12- N11-N8-CP9-CP10-N13-CP10- CP5-N6-N4-N5-N7-N4-CP4- CP3-N2-CP3-CP2-N1	12.00	15.87	12.30	117.76	145.93
10 Berangkat Jumat, MaxC 0.9 jam	N1-CP2-CP9-N10-N12-N11- N9-N10-CP9-CP10-N13-CP10- CP5-N6-N5-N7-N6-CP4-CP3- N2-CP3-CP2-N1	12.00	14.79	12.30	118.84	145.93
11 Berangkat Sabtu, MaxC 1.5 jam	N1-CP2-CP3-N2-CP3-CP8- N10-N8-N9-N12-N11-N8-CP9- CP10-N13-CP10-CP5-N6-N4- N5-N7-N4-CP5-CP2-N1	6.00	15.75	13.58	110.63	139.96
12 Berangkat Sabtu, MaxC 0.9 jam	N1-CP2-CP3-N2-CP3-CP8- N10-N12-N11-N9-N10-CP9- CP10-N13-CP10-CP5-N6-N5- N7-N6-CP5-CP2-N1	6.00	14.63	13.58	111.75	139.96
13 Berangkat Minggu, MaxC 1.5 jam	N1-CP2-CP3-N2-CP3-CP8- N10-N8-N9-N12-N11-N8-CP9- CP10-N13-CP10-CP5-N6-N4- N5-N7-N4-CP5-CP2-N1	6.00	15.75	13.58	110.63	139.96
14 Berangkat Minggu, MaxC 0.9 jam	N1-CP2-CP3-N2-CP3-CP8- N10-N12-N11-N9-N10-CP9- CP10-N13-CP10-CP5-N6-N5- N7-N6-CP5-CP2-N1	6.00	14.63	13.58	111.75	139.96

Keterangan:

N = titik (meliputi: POI dengan fasilitas akomodasi, POI tanpa fasilitas akomodasi, dan AP)

CP = titik koneksi antar pulau

#### 4. KESIMPULAN

Model optimasi masalah minimisasi perencanaan rute wisata insular ini dikembangkan dalam formulasi integer non-linear programming. Model dirancang dengan mempertimbangkan faktor klaster pulau, rute dan jadwal keberangkatan di setiap titik koneksi, dan seleksi titik

akomodasi. Validasi model dilakukan melalui percobaan numerikal untuk menguji konsistensi dan adaptabilitas nilai keluaran model terhadap perubahan parameter yang diberikan. Hasil menunjukkan bahwa model memiliki adaptabilitas dan konsisten terhadap perubahan parameter berdasarkan empat belas skenario yang diberikan. Skenario percobaan dirancang berdasarkan variasi hari keberangkatan dan maksimum waktu kover titik akomodasi.

Model ini dapat digunakan bagi pengambil keputusan, baik pada industri (agen) travel/tour atau wisatawan, untuk menentukan rute wisata di daerah kepulauan dengan mempertimbangkan hari keberangkatan dan maksimum waktu kover titik akomodasi. Model ini dapat berjalan baik jika sistem masalah yang dihadapi sesuai dengan batasan yang ditentukan. Untuk penelitian ke depan, karakteristik masalah akan difokuskan pada pengkoveran tunggal (single cover) suatu pulau dan rute bypass antar pulau, serta penggunaannya pada tim atau kelompok.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Fakultas Teknik Universitas Pattimura Ambon yang telah mendanai penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Abbaspour, R. A., & Samadzadegan, F. (2011). Time-dependent personal tour planning and scheduling in metropolises. *Expert Systems with Applications*, 38(10), 12439–12452. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.04.025>
- Afifudin, M. T. (2021). “InsularTTDP”, Mendeley Data, V1, doi: 10.17632/39yhpf7ct.1
- Afifudin, M. T., & Sahar, D. P. (2020). AN INTEGER PROGRAMMING APPROACH FOR SINGLE TRUCK ROUTING-AND-SCHEDULING PROBLEMS TO ISLANDS WITH TIME-VARYING FERRY SCHEDULES. *Journal of Industrial Engineering & Management (JIEM)*, 5(2), 53–61. <https://doi.org/https://doi.org/10.33536/jiem.v5i2.548>
- Anagnostopoulos, A., Atassi, R., Fazzino, A., Silvestri, F., & Becchetti, L. (2016). Tour recommendation for groups. *Data Mining and Knowledge Discovery*. <https://doi.org/10.1007/s10618-016-0477-7>
- Angelelli, E., Archetti, C., & Vindigni, M. (2014). The Clustered Orienteering Problem. *European Journal of Operational Research*. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.04.006>
- Baniasadi, P., Foumani, M., Smith-Miles, K., & Ejov, V. (2020). A transformation technique for the clustered generalized traveling salesman problem with applications to logistics. *European Journal of Operational Research*, 285(2), 444–457. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.01.053>
- Divsalar, A., Vansteenwegen, P., & Cattrysse, D. (2013). A variable neighborhood search method for the orienteering problem with hotel selection. *International Journal of Production Economics*, 145(1), 150–160. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.01.010>
- Garcia, A., Arbelaitz, O., Vansteenwegen, P., Souffriau, W., & Linaza, M. T. (2010). Hybrid approach for the public transportation time dependent orienteering problem with time windows. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 6077 LNAI(PART 2), 151–158. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-13803-4\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-642-13803-4_19)
- Gavalas, D., Konstantopoulos, C., Mastakas, K., & Pantziou, G. (2014). A survey on algorithmic approaches for solving tourist trip design problems. *Journal of Heuristics*, 20(3), 291–328. <https://doi.org/10.1007/s10732-014-9242-5>
- Geem, Z. W., Tseng, C. L., & Park, Y. (2005). Harmony search for generalized orienteering problem: Best touring in China. *Lecture Notes in Computer Science*, 3612(PART III), 741–750. [https://doi.org/10.1007/11539902\\_91](https://doi.org/10.1007/11539902_91)
- González, D. S. A., Olivares-benitez, E., & Miranda, P. A. (2017). Insular Biobjective Routing with Environmental Considerations for a Solid Waste Collection System in Southern Chile. *Advances in Operations Research*, 2017(2), Article number 4093689. <https://doi.org/10.1155/2017/4093689>
- Gunawan, A., Ng, K. M., Kendall, G., & Lai, J. (2018). An iterated local search algorithm for

- the team orienteering problem with variable profits. *Engineering Optimization*, 50(7), 1148–1163. <https://doi.org/10.1080/0305215X.2017.1417398>
- Gunawan, A., Yuan, Z., & Lau, H. C. (2014). A mathematical model and metaheuristics for time dependent orienteering problem. *PATAT 2014 - Proceedings of the 10th International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling, August*, 202–217.
- Laporte, G., & Palekar, U. (2002). Some applications of the clustered travelling salesman problem. *Journal of the Operational Research Society*, 53(9), 972–976. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601420>
- Laporte, Gilbert, Asef-Vaziri, A., & Sriskandarajah, C. (1996). Some applications of the generalized travelling salesman problem. *Journal of the Operational Research Society*, 47(12), 1461–1467. <https://doi.org/10.1057/jors.1996.190>
- Lim, K. H., Chan, J., Karunasekera, S., & Leckie, C. (2018). Tour recommendation and trip planning using location-based social media: a survey. *Knowledge and Information Systems*. <https://doi.org/10.1007/s10115-018-1297-4>
- Malandraki, C., & Daskin, M. S. (2008). Time Dependent Vehicle Routing Problems: Formulations, Properties and Heuristic Algorithms. *Transportation Science*, 26(3), 185–200. <https://doi.org/10.1287/trsc.26.3.185>
- Miranda, P. A., Blazquez, C. A., Obrique, C., Maturana-ross, J., & Gutierrez-jarpa, G. (2018). THE BI-OBJECTIVE INSULAR TRAVELING SALESMAN PROBLEM WITH MARITIME AND GROUND TRANSPORTATION COSTS. *European Journal of Operational Research*. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.05.009>
- Miranda, P. A., Blazquez, C. A., Vergara, R., & Weitzler, S. (2015). A novel methodology for designing a household waste collection system for insular zones. *Transportation Research Part E*, 77, 227–247. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2015.02.019>
- Vansteenwegen, P., Souffriau, W., & Sörensen, K. (2012). The travelling salesperson problem with hotel selection. *Journal of the Operational Research Society*, 63(2), 207–217. <https://doi.org/10.1057/jors.2011.18>
- Vansteenwegen, Pieter, Souffriau, W., & Oudheusden, D. Van. (2011). The orienteering problem: A survey. In *European Journal of Operational Research* (Vol. 209, Issue 1, pp. 1–10). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2010.03.045>
- Vansteenwegen, Pieter, & Van Oudheusden, D. (2007). The Mobile Tourist Guide: An OR Opportunity. *OR Insight*, 20(3), 21–27. <https://doi.org/10.1057/ori.2007.17>
- Verbeeck, C., Sörensen, K., Aghezzaf, E. H., & Vansteenwegen, P. (2014). A fast solution method for the time-dependent orienteering problem. *European Journal of Operational Research*, 236(2), 419–432. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.11.038>

## PERENCANAAN PERSEDIAAN BAHAN BAKU PAKAN TERNAK DENGAN MENGGUNAKAN METODE LOT SIZING

**Andi Besse Riyani Indah\***

Program Studi Teknik Industri, Universitas Hasanuddin, Gowa, Indonesia

**Sapta Asmal**

Program Studi Teknik Industri, Universitas Hasanuddin, Gowa, Indonesia

**Khalifah Amalia**

Program Studi Teknik Industri, Universitas Hasanuddin, Gowa, Indonesia

**Dian Pratiwi Sahar**

Program Studi Teknik Industri, Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia

**Gerard Antonini Duma**

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Hasanuddin, Gowa, Indonesia

\*E-mail korespondensi: [a.besseriyan@gmail.com](mailto:a.besseriyan@gmail.com)

### ABSTRAK

*Permasalahan yang dihadapi perusahaan adalah tingginya total biaya persediaan pada bahan baku pakan ternak kategori mayor dalam penelitian ini bahan baku tersebut diantaranya Jagung Lokal, Wheat Bran Pellet, Biji Batu, dan Katul. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan kuantitas pemesanan (lot size) agar diperoleh total biaya yang minimum. Pada penelitian ini dilakukan perencanaan persediaan menggunakan Fixed Period Requirement (FPR) dan Algoritma Wagner-Whitin (AWW) dengan mempertimbangkan kuantitas pemesanan. Langkah awal yang dilakukan ialah peramalan permintaan menggunakan Weighted Moving Average dan Single Exponential Smoothing, kemudian dilakukan perbaikan terhadap manajemen persediaan bahan baku pakan ternak kategori mayor, dengan menentukan safety stock dan reorder point, kuantitas pemesanan optimal, dan total biaya persediaan. Hasil dari penelitian yang dilakukan ialah diperoleh safety stock dan reorder point setiap jenis material untuk mengantisipasi apabila terjadi stock out, serta lot size yang optimal agar tidak terjadi overstock. Hasil yang didapatkan setelah melakukan perhitungan menggunakan FPR adalah sebesar Rp. 68.836.795.791 dan AWW menunjukkan hasil sebesar Rp 3.216.795.791 Berdasarkan hasil tersebut maka metode yang menghasilkan total biaya minimum adalah AWW.*

**Kata Kunci:** persediaan, pakan ternak, algoritma wagner-whitin, fixed period requirement

### ABSTRACT

*The problem faced by the company is the high total cost of supplies in the major categories of animal feed raw materials in this study, these raw materials include local corn, wheat bran pellets, stone seeds and katul. Therefore, this study aims to optimize the order quantity (lot size) in order to obtain a minimum total cost. In this study, inventory planning was carried out using the Fixed Period Requirement (FPR) and Wagner-Whitin Algorithm (AWW) by considering the quantity of orders. The initial step taken is forecasting demand using Weighted Moving Average and Single Exponential Smoothing, then improvements are made to the management of raw*



*material inventory for major categories of animal feed, by determining the safety stock and reorder point, optimal order quantity, and total inventory cost. The results of the research conducted were that the safety stock and reorder points were obtained for each type of material to anticipate the occurrence of stock out, as well as the optimal lot size to avoid overstock. The results obtained after calculating using FPR are Rp. 68,836,795,791 and AWW showed a result of Rp. 3,216,795,791. Based on these results, the method that produces the minimum total cost is AWW.*

**Keywords:** *inventory, animal feed, wagner-whitin algorithm, fixed period requirement*

## 1. PENDAHULUAN

Berdasarkan data yang dikeluarkan oleh Badan Pusat Statistik Indonesia (BPS, 2020), perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang pakan ternak telah diprediksi akan mengalami peningkatan produksi sebesar 6% pada tahun 2020 dikarenakan konsumsi protein hewani terutama ayam mencapai kontribusi sebesar 65%. Salah satu perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang pakan ternak ini adalah PT. Japfa Comfeed Indonesia, Tbk Unit Makassar. Perusahaan ini adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang agrifood terbesar di Indonesia. Unit bisnis perusahaan ini adalah pembuatan pakan ternak, pembibitan ayam, pengolahan unggas serta pembudidayaan pertanian dengan menawarkan produk-produk dengan biaya yang terjangkau bagi konsumennya.

PT. Japfa Comfeed Indonesia, Tbk dapat mencapai tujuan yang telah ditargetkan apabila perencanaan serta pengendalian terhadap segala aspek telah dilakukan dengan baik. Salah satu perencanaan yang perlu dilakukan adalah perencanaan dan pengendalian terhadap persediaan bahan baku yang diperlukan untuk menghasilkan produk agar tidak terjadi kekurangan atau kelebihan untuk menghindari biaya yang tidak diperlukan seperti yang telah disebutkan oleh Lahu dan Sumarahu (2017) mengenai tujuan dari perencanaan persediaan bahan baku adalah untuk menekan biaya-biaya operasional seminimal mungkin sehingga kinerja dan keuntungan perusahaan lebih optimal. Biaya operasional yang dimaksud dalam hal ini adalah biaya persediaan yang terdiri dari biaya pemesanan dan biaya penyimpanan.

Beberapa penelitian sebelumnya yang memiliki objek yang serupa yaitu pakan ternak menggunakan beberapa metode yang cukup berbeda. Penelitian ini dilakukan dikarenakan pada PT. Japfa perencanaan persediaan masih dapat ditingkatkan agar dapat mereduksi biaya yang dikeluarkan serta belum adanya penelitian terkait objek yang diteliti pada perusahaan. Berdasarkan pola data dari penelitian ini, peneliti memilih untuk menggunakan metode *Fixed Period Requirement* untuk mengurangi biaya pesan dan biaya simpan dengan melakukan pemilihan waktu pemesanan yang disesuaikan dengan tingginya permintaan terhadap bahan baku terkait. Metode lain yang dipilih oleh peneliti adalah dengan menggunakan metode *Algoritma Wagner-Whitin* untuk mengurangi berbagai jenis *cost* yang dapat muncul dengan melakukan beberapa kali perhitungan berdasarkan data yang telah diperoleh oleh peneliti. Kedua metode tersebut kemudian dibandingkan hasilnya dan dipilih hasil yang paling optimal.

## 2. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan pada Januari-Februari 2020 di PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk, Unit Makassar. Topik penelitian ini adalah bahan baku pakan ternak kategori mayor yakni Jagung Lokal, *Wheat Bran Pellet*, Biji Batu dan Katul. Data diperoleh merupakan data historis perusahaan dan hasil wawancara kepada pihak perusahaan. *Fixed Period Requirement* dan *Algoritma Wagner-Whitin* merupakan *tools* yang digunakan. Dalam penelitian ini, parameter yang digunakan adalah total biaya persediaan. Sehingga, metode terbaik adalah metode *lot sizing* yang menghasilkan total biaya terkecil. Pembahasan analisis hasil akhir adalah perbandingan dari total biaya yang dihasilkan untuk kedua metode yang diusulkan.

### a. *Konsep Persediaan*

Pengendalian persediaan menurut Rangkuti (2007), pengawasan persediaan merupakan salah satu fungsi manajemen yang dapat dipecahkan dengan menerapkan metode kuantitatif. Adapun tujuan persediaan menurut Ristono (2009) adalah sebagai usaha perusahaan untuk memenuhi kebutuhan atau permintaan konsumen dengan cepat (memuaskan konsumen), menjaga kontinuitas produksi atau menjaga agar perusahaan tidak mengalami kehabisan persediaan yang mengakibatkan terhentinya proses produksi dan mempertahankan dan bila mungkin meningkatkan penjualan dan laba perusahaan. Dalam persediaan menurut Herjanto (2008), terdapat beberapa fungsi penting yang dikandung oleh persediaan dalam memenuhi kebutuhan perusahaan sebagai berikut:

- 1). Menghilangkan resiko keterlambatan pengiriman bahan baku atau barang yang dibutuhkan perusahaan.
- 2). Menghilangkan resiko jika material yang dipesan tidak baik sehingga harus dikembalikan.
- 3). Menghilangkan resiko terhadap kenaikan harga barang atau inflasi.
- 4). Untuk menyimpan bahan baku yang dihasilkan secara musiman sehingga perusahaan tidak akan mengalami kesulitan bila bahan tersebut tidak tersedia di pasaran.
- 5). Mendapatkan keuntungan dari pembelian berdasarkan potongan kuantitas.
- 6). Memberikan pelayanan kepada pelanggan dengan tersedianya barang yang diperlukan.

### b. *Biaya-Biaya Persediaan*

Secara umum dapat dikatakan bahwa biaya sistem persediaan adalah semua pengeluaran dan kerugian yang timbul sebagai akibat adanya persediaan. Berikut ini termasuk biaya persediaan:

- 1). Biaya Pembelian (*Purchasing Cost = c*)  
Biaya pembelian (*Purchasing cost*) adalah biaya yang dikeluarkan untuk mendapatkan suatu barang dimana besarnya biaya yang dikeluarkan tergantung pada jumlah barang yang dibeli dan juga berdasarkan pada harga satuan barang tersebut.
- 2). Biaya Pengadaan (*Procurement Cost*)  
Biaya pengadaan sendiri adalah biaya yang dikeluarkan berdasarkan asal usul barang tersebut. Sehingga biaya pengadaan dibedakan menjadi dua jenis yaitu : Biaya Pemesanan (*Ordering Cost = k*) dan Biaya Pembuatan (*Setup Cost = k*)
- 3). Biaya Penyimpanan (*Holding Cost = h*)  
Biaya penyimpanan merupakan biaya yang terkait dengan penyimpanan dalam kurun waktu tertentu. Biaya penyimpanan juga menyangkut mengenai barang usang di gudang, atau biaya yang terkait mengenai penyimpanan.
- 4). Biaya Kekurangan Persediaan (*Shortage Cost = p*)  
Biaya ini muncul apabila terjadi kekurangan ataupun kehabisan persediaan di perusahaan yang dapat diukur dari kuantitas yang tidak dapat terpenuhi, waktu pemenuhan serta timbulnya biaya pengadaan darurat.

### c. *Fixed Period Requirement (FPR)*

Teknik FPR ini menggunakan konsep interval pemesanan yang konstan, sedangkan ukuran kuantitas pemesanan (*lot size*) bervariasi. Dalam metode FPR ini selang waktu antar pemesanan dibuat tetap dengan ukuran lot sesuai pada kebutuhan bersih.

Ukuran kuantitas pemesanan tersebut merupakan penjumlahan kebutuhan bersih dari setiap periode yang tercakup dalam interval pemesanan yang telah ditetapkan. Pada teknik FPR ini, jika saat pemesanan jatuh pada periode yang kebutuhan bersihnya sama dengan nol, maka pemesanannya dilakukan pada periode berikutnya (Pamungkas, 2017).

### d. *Algoritma Wagner-Whitin (AWW)*

Teknik ini menggunakan prosedur optimasi yang didasari model program dinamis yang menambahkan beberapa kerumitan dalam melakukan perhitungan ukuran lot. Tujuannya adalah untuk mendapatkan strategi pemesanan yang optimum untuk seluruh jadwal kebutuhan bersih dengan jalan meminimalkan total ongkos pengadaan dan ongkos simpan. Pada dasarnya, teknik

*lot sizing* ini menguji semua cara pemesanan yang mungkin dalam memenuhi kebutuhan bersih setiap periode yang ada pada horizon perencanaan sehingga senantiasa memberikan jawaban optimal (Heizer dan Render, 2012).

Langkah-langkah untuk *Algoritma Wagner-Whitin* (Tersine, 1994) dengan kembangan model yang mempertimbangkan batasan kapasitas gudang:

- 1). Menghitung dan memeriksa batasan pada  $Q_{ce}$  bila pemesanan dilakukan pada periode  $c$  untuk memenuhi permintaan periode  $c$  sampai periode  $e$  tidak boleh melebihi kapasitas gudang ( $Q_{ce} \leq$  kapasitas gudang).

$$Q_{ce} = \sum_{k=c}^e D_k \quad (1)$$

- 2). Hitung matriks total biaya variabel (biaya pesan dan biaya simpan) untuk seluruh alternatif pemesanan di seluruh horizon perencanaan yang terdiri dari  $N$  periode (hasil dari langkah pertama). Definisikan  $Z_{ce}$  sebagai total biaya variabel (dari periode  $c$  sampai periode  $e$ ) bila pemesanan dilakukan pada periode  $c$  untuk memenuhi permintaan periode  $c$  sampai periode  $e$ . rumusan  $Z_{ce}$  tersebut adalah sebagai berikut:

$$Z_{ce} = C + h \sum_{i=c}^e (Q_{ce} - Q_{ci}) \text{ untuk } 1 \leq c \leq e \leq N \quad (2)$$

dimana,

$C$  = Biaya pesan per pesan

$i$  = Biaya simpan

$P$  = Biaya pembelian per unit

$R_k$  = Rata-rata permintaan per periode

- 3). Definisikan  $f_e$  sebagai biaya minimum yang mungkin dalam periode 1 sampai periode  $e$  dengan asumsi tingkat persediaan di akhir periode  $e$  adalah nol. Algoritma mulai dengan  $f_0 = 0$  dan mulai menghitung secara berurutan  $f_1, f_2, \dots, f_N$ . Nilai  $f_N$  adalah nilai biaya dari pemesanan optimal.

$$f_e = \text{Min}\{Z_{ce} + f_{c-1}\} \text{ untuk } c = \{1, 2, \dots, e\} \quad (3)$$

- 4). Interpretasikan  $f_N$  menjadi ukuran lot dengan cara sebagai berikut:

- a). Pemesanan terakhir dilakukan pada periode  $w$  untuk memenuhi permintaan dari periode  $w$  sampai periode  $N$

$$f_N = Z_{wN} + f_{w-1} \quad (4)$$

- b). Pemesanan sebelum pemesanan terakhir harus dilakukan pada periode  $v$  untuk memenuhi permintaan dari periode  $v$  sampai periode  $w-1$ .

$$f_{w-1} = Z_{vw} + f_{v-1} \quad (5)$$

- c). Pemesanan yang pertama harus dilakukan pada periode 1 untuk memenuhi permintaan dari periode 1 sampai periode  $u-1$ .

$$f_{u-1} = Z_{1u-1} + f_0 \quad (6)$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Terjadi fluktuasi terhadap pembelian bahan baku, sehingga dalam penelitian ini menggunakan dua metode peramalan, yaitu metode *Weighted Moving Average* dan metode *Single Exponential Smoothing*.

#### a. Peramalan dengan *Weighted Moving Average*

*Weighted Moving Average* (WMA) menurut Nugraha dan Sulatera (2017) menggunakan sejumlah data aktual permintaan yang baru untuk membangkitkan nilai ramalan permintaan di masa yang akan datang. WMA dapat digambarkan secara matematis sebagai berikut:

$$WMA = \frac{\sum(\text{bobot pada periode } n)(\text{permintaan pada periode } n)}{\sum \text{bobot}}$$

**Tabel 1.** Tingkat Kesalahan Peramalan *Weighted Moving Average* (WMA)

No	Jenis Bahan Baku	WMA 3 Bulan			WMA 5 Bulan		
		MAD	MSE	MFE	MAD	MSE	MFE
1	Jagung Lokal	1545,9	3421238,6	19,1	1249,2	2092653,9	-211,3
2	Wheat Bran Pellet	238,6	88697,0	-21,0	173,1	50165,7	17,0
3	Biji Batu	105,0	17191,1	-5,3	74,5	8521,2	9,4
4	Katul	219,5	97939,2	-0,2	192,3	62370,7	272,3

**b. Peramalan dengan Single Exponential Smoothing (SES)**

Berikut adalah hasil perhitungan peramalan dengan *Single Exponential Smoothing*.

**Tabel 2.** Tingkat Kesalahan Peramalan *Single Exponential Smoothing*

No	Jenis Bahan Baku	$\alpha = 0.5$		$\alpha = 0.9$			
		MAD	MSE	MAD	MSE	MAD	MSE
1	Jagung Lokal	587,5	467105,9	587,5	467105,9	587,5	467105,9
2	<i>Wheat Bran Pellet</i>	172,9	54478,4	172,9	54478,4	172,9	54478,4
3	Biji Batu	131,8	32152,8	131,8	32152,8	131,8	32152,8
4	Katul	128,8	31623,4	128,8	31623,4	128,8	31623,4

**Tabel 3.** Hasil Peramalan *Single Exponential Smoothing*  $\alpha = 0.5$  dan  $\alpha = 0.9$

Periode	Jenis Bahan Baku (Ton)			
	Jagung Lokal	<i>Wheat Bran Pellet</i>	Biji Batu	Katul
Januari	0	1001	615	0
Februari	675	1527	689	0
Maret	3225	591	578	54
April	5300	444	390	822
Mei	4150	814	595	262
Juni	2150	329	728	271
Juli	1700	450	547	96
Agustus	3475	497	705	620
September	4600	743	788	581
Oktober	5200	797	678	431
November	5250	841	409	91
Desember	4125	728	556	19
Total	39850,0	8762,0	7278,0	3247,0
Standar Deviasi	1814,1	320,1	121,5	280,9
Mean	3320,8	730,2	606,5	270,6

**c. Safety Stock**

Perhitungan *safety stock* dilakukan untuk menghindari terjadinya *stock out* apabila bahan baku mengalami keterlambatan pengiriman dari *supplier* atau kemungkinan lain yang tidak terprediksi.

Diketahui:

*Lead time* untuk material Jagung Lokal selama 3 hari = 0,1 bulan.

*Service level* sebesar 95%, jadi *safety factor* (*Z*) sebesar 1,64.

Standar deviasi untuk jenis material Jagung Lokal sebesar 1814,1 ton.

Penentuan nilai *safety stock* menggunakan persamaan berikut:

$$SS = Z \times \sigma \times \sqrt{ld}$$

$$SS = 1,64 \times 1814,1 \times \sqrt{0,1}$$

$$SS = 940.807 \text{ ton}$$

**d. Reorder Point**

Perhitungan nilai *reorder point* dilakukan karena saat melakukan pemesanan, bahan baku tidak dapat langsung tersedia di perusahaan. Perusahaan perlu menunggu selama *lead time* hingga pesanan sampai di perusahaan. Nilai *reorder point* dapat dipengaruhi oleh jumlah *safety stock*, rata-rata kebutuhan, dan *lead time* pemesanan bahan baku.

Diketahui:

*Safety stock* Jagung Lokal sebesar 940,807 ton.

*Total Demand* sebesar 39.850 ton.

*Lead time* selama 0,1 bulan.

Penentuan nilai *reorder point* menggunakan persamaan berikut:  $ROP = Dr \times L + SS$

$$ROP = (39.850 \times 0,1) + 940,807 = 4.926,807 \text{ ton.}$$

**Tabel 4.** Hasil Perhitungan *Safety Stock* dan *Reorder Point*

No	Jenis Bahan Baku	<i>Safety Stock</i> (Ton)	<i>Reorder Point</i> (Ton)
1	Jagung Lokal	940.807	4.925,807
2	<i>Wheat Bran Pellet</i>	371.237	4.752,237
3	Biji Batu	96.230	1.794,430
4	Katul	222.493	980,126

#### e. *Fixed Period Requirement*

Perhitungan bahan baku pakan ternak kategori mayor dengan menggunakan metode *Fixed Period Requirement*. Berdasarkan pola data pada hasil *forecasting* yang telah dilakukan maka akan digunakan jarak pemesanan 2 bulan untuk Jagung Lokal dan *Wheat Bran Pellet*, 3 bulan untuk Biji Batu dan Katul. Berikut hasil perhitungan untuk bahan baku pakan ternak kategori mayor dengan menggunakan metode FPR

**Tabel 5.** Total *Inventory Cost* Untuk Setiap Bahan Baku Menggunakan Metode FPR

No	Jenis Bahan Baku	Total <i>Inventory Cost</i> (Rp)
1	Jagung Lokal	45.693.756.105
2	<i>Wheat Bran Pellet</i>	7.042.255.721
3	Biji Batu	11.692.944.797
4	Katul	4.407.839.169

#### f. *Algoritma Wagner Within*

Pengendalian persediaan bahan kemas dengan menggunakan metode *Algoritma Wagner-Within* menurut Heizer dan Render (2012) dibagi ke dalam beberapa tahapan yaitu *netting*, *lotting*, dan *offsetting*.

- 1). *Netting*. Langkah pertama untuk menentukan kebutuhan bersih (*netting*).
- 2). *Lotting*. Menghitung dan memeriksa pada Qce dengan menggunakan Persamaan (1), menghitung total biaya variable (Zce) dengan menggunakan Persamaan (2), menghitung biaya minimum (Fe) dengan menggunakan Persamaan (3).
- 3). *Offsetting*. *Offsetting* merupakan langkah yang bertujuan untuk menentukan kapan kuantitas pemesanan hasil proses *lotting* dilakukan.

Berikut ini merupakan total biaya persediaan semua jenis bahan baku pakan ternak kategori mayor menggunakan *Algoritma Wagner-Whitin*.

**Tabel 6.** Total *Inventory Cost* Bahan Baku Pakan Ternak Kategori Mayor Menggunakan Metode *Algoritma Wagner-Whitin*

No	Jenis Bahan Baku	Total <i>Inventory Cost</i> (Rp)
1	Jagung Lokal	2,168,256,105
2	<i>Wheat Bran Pellet</i>	561,655,721
3	Biji Batu	149,144,797
4	Katul	337,739,169

Pada penelitian ini dilakukan peramalan untuk dapat memperkirakan jumlah pemesanan yang sebaiknya dilakukan pada periode berikutnya. Dari hasil perhitungan tingkat kesalahan peramalan maka terpilihlah metode *Single Exponential Smoothing* dengan  $\alpha = 0.5$  untuk bahan baku Jagung Lokal dan *Single Exponential Smoothing* dengan  $\alpha = 0.9$  untuk bahan baku *Wheat Bran Pellet*, Biji Batu dan Katul karena memiliki nilai MAD, MFE, dan MSE terkecil dari metode *Weighted Moving Average*.

Biaya dari empat bahan baku pakan ternak kategori mayor yang telah dihitung berdasarkan dua metode yang digunakan dalam penelitian ini *Fixed Period Requirement* dan *Algoritma*

*Wagner-Whitin*. Dimana Penentuan total biaya persediaan menggunakan metode *Fixed Period Requirement* dan *Algoritma Wagner-Whitin* dipengaruhi oleh kuantitas pemesanan, biaya pemesanan, dan biaya penyimpanan. Kuantitas pemesanan berpengaruh terhadap biaya pemesanan, dimana untuk memperoleh biaya pemesanan dibutuhkan input berupa kuantitas pemesanan optimal dalam satu periode perencanaan dan biaya pesan untuk satu kali pemesanan dilakukan. Biaya penyimpanan dipengaruhi oleh jumlah bahan baku yang tersimpan di gudang dan *safety stock*.

Hasil perhitungan total biaya persediaan menggunakan kedua metode usulan kemudian dibandingkan dan dipilih metode dengan total biaya persediaan untuk setiap bahan bakunya yang terendah. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa dengan menggunakan *Algoritma Wagner-Whitin* empat jenis bahan baku memiliki total biaya persediaan lebih kecil dibanding dengan total biaya persediaan dengan menggunakan metode *Fixed Period Requirement* dengan total biaya persediaan yang cukup besar. Perbedaan ini terjadi karena kuantitas pemesanan bahan baku pakan ternak yang mempengaruhi biaya yang dikeluarkan perusahaan baik untuk pemesanan maupun untuk penyimpanan. Selain itu, yang ikut mempengaruhi terjadinya perbedaan total biaya yang cukup besar ini adalah waktu pemesanan. Pada metode *Algoritma Wagner-Whitin* pemesanan dilakukan setiap bulannya dalam pemenuhan kebutuhan sehingga biaya simpan yang cukup besar dapat direduksi sedangkan pada metode *Fixed Period Requirement* pemesanan dilakukan tiga hingga empat kali dalam setahun untuk mereduksi biaya pesan yang cukup tinggi. Sehingga, berdasarkan kedua metode usulan tersebut maka dapat dilihat bahwa total biaya persediaan dengan menggunakan metode *Algoritma Wagner-Whitin* lebih kecil dibanding metode *Fixed Period Requirement*. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa dari kedua metode usulan metode *Algoritma Wagner-Whitin* lebih optimal.

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini merupakan hasil dari pengolahan data yang telah dilakukan untuk menjawab tujuan penelitian. Adapun kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

- 1). Hasil peramalan yang telah dilakukan pada bahan baku pakan ternak untuk kategori mayor menggunakan metode terpilih dalam penelitian ini menggunakan *single exponential smoothing*  $\alpha=0.5$  pada bahan baku jagung lokal dalam setahun sebanyak 85,770 ton dan *single exponential smoothing*  $\alpha=0.9$  pada bahan baku *Wheat Brand Pellet* dalam setahun sebanyak 18,306 ton, Biji Batu sebanyak 15,305 ton dan Katul sebanyak 5,475 ton.
- 2). Nilai *safety stock* dan *reorder point* bervariasi sesuai besarnya jumlah permintaan pada setiap jenis bahan baku pakan ternak kategori mayor adalah
  - a). Nilai *safety stock* untuk bahan baku Jagung Lokal = 940.807 ton, *Wheat Bran Pellet* = 317.237 ton, Biji Batu = 96.230 ton dan Katul = 222.493 ton
  - b). *Reorder point* untuk masing-masing bahan baku pakan ternak berkategori mayor. Pada Jagung Lokal = 4925.807 ton, *Wheat Bran Pellet* = 4752.237 ton, Biji Batu = 1794.430 ton, dan Katul = 980,126 ton.
- 3). Teknik pemesanan (*lot size*) dengan menggunakan metode:
  - a). *Fixed Period Requirement* (FPR), memiliki total biaya persediaan untuk masing-masing bahan baku yaitu Jagung Lokal = Rp45.693.756.105 dengan melakukan pemesanan sebanyak 6 kali, *Wheat Bran Pellet* = Rp7.042.255.721 dengan melakukan pemesanan sebanyak 6x, Biji Batu = Rp11.692.944.797 dengan jumlah pemesanan sebanyak 4 kali dan Katul = Rp4.407.893.169 dengan jumlah pemesanan sebanyak 4 kali
  - b). *Algoritma Wagner-Whitin* (AWW), pada metode ini total biaya persediaan untuk bahan baku Jagung Lokal = Rp2.168.256.105 dengan jumlah pemesanan sebanyak 11kali, *Wheat Bran Pellet* = Rp561.655.721 dengan jumlah pemesanan yang dilakukan sebanyak 12 kali, Biji Batu = Rp149.144.797 dengan jumlah pemesanan yang dilakukan sebanyak 12 kali dan Katul = Rp337.739.169 jumlah pemesanan yang dilakukan adalah 9 kali

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada seluruh Dosen Departemen Teknik Industri Unhas yang mendukung penulisan artikel ini hingga tahap penyelesaian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik (2020). *Produksi Daging Ayam Ras Pedaging menurut Provinsi, 2009-2019*. Diakses 13 April 2020 pada <http://www.bps.go.id/>.
- Gaspersz, V. (2004). *Production Planning and Inventory Control*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Umum.
- Heizer, J., & Render, B. (2012). *Manajemen Operasi*. Edisi 8. Jakarta: Salemba 4.
- Herjanto, E. (2008). *Manajemen Operasi Edisi Ketiga*. Jakarta. Grasindo.
- Lahu, E. P., & Sumarauw, J. S. B. (2017). *Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku Guna Meminimalkan Biaya Persediaan Pada Dunkin Donat*. Jurnal EMBA, 5(3), 4175-4184. <https://doi.org/10.35794/emba.v5i3.18394>.
- Nugraha, E. Y., & Suletra, I W. (2017.) *Analisis Metode Peramalan Permintaan Terbaik Produk Oxygan Pada PT. Samator Gresik*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Pamungkas, H. (2017). *Perencanaan Persediaan Bahan Baku Dengan Menggunakan Metode Algoritma Wagner-Whitin Dengan Kendala Kapasitas Gudang (Studi Kasus: UD. Barokah Jaya)*. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.
- Rangkuti, F. (2007). *Manajemen Persediaan: Aplikasi di Bidang Bisnis*. Edisi 2. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.
- Ristono, A. (2009). *Manajemen Persediaan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Tersine, R. J. (1994). *Principles of Inventory and Materials Management Fourth Edition*. New Jersey: PTR Prentice-Hall, Inc.

## ANALISA BEBAN KERJA MENTAL DAN FISIK OPERATOR HD KOMATSU 785-7 (STUDI KASUS PT.SIMS JAYA KALTIM)

**Hotma Kristian Silalahi\***

Program Studi Teknik Industri, Universitas Mulawarman, Kota Samarinda, Indonesia

**Lina Dianati Fathimahhayati**

Program Studi Teknik Industri, Universitas Mulawarman, Kota Samarinda, Indonesia

**Willy Tambunan**

Program Studi Teknik Industri, Universitas Mulawarman, Kota Samarinda, Indonesia

\*E-mail korespondensi:kristianhotma@gmail.com.

### ABSTRAK

*PT. Sims Jaya Kaltim merupakan salah satu perusahaan terkemuka di bidang kontraktor penyedia jasa pertambangan yang berfokus pada pengangkutan material Overburden (OB). Operator HD Komatsu 785-7 bertugas untuk mengangkut material dari disposal menuju ke dumping. Pengukuran beban kerja fisik menggunakan metode pengukuran %CVL (cardiovascular load) selama 6 hari dengan pengukuran denyut jantung pada saat bekerja dan istirahat menggunakan alat pulse oxymeter lalu dihitung menggunakan rumus %CVL. Pengukuran beban kerja mental menggunakan metode NASA-Task Load Index dengan membagikan kuesioner kepada 30 operator HD Komatsu 785-7. Pengukuran dilakukan selama 6 hari kerja. Pengukuran dibagi menjadi 3 regu, satu regu terdiri dari 10 operator. Berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan didapatkan nilai rata-rata %CVL dengan rata-rata keseluruhan 17,00% yang berarti operator tidak mengalami kelelahan fisik karena <30% termasuk dalam kategori ringan. Hasil beban dengan rata-rata keseluruhan sebesar 66,60 yang termasuk dalam golongan pekerjaan tinggi (61-80) yang berarti memerlukan perhatian khusus. Rekomendasi Usulan perbaikan yang diberikan kegiatan random fatigue, controlling pengisian KKH, controlling jalan, dan controlling debu.*

**Kata Kunci:** Operator HD Komatsu 785-7, %CVL, NASA- Task Load Index

### ABSTRACT

*PT. Sims Jaya Kaltim is one of the leading companies in the mining service contracting sector that focuses on the transportation of Overburden (OB) material. HD Komatsu 785-7 operator is in charge of transporting material from disposal to dumping. Measurement of physical workload using the % CVL (cardiovascular load) measurement method for 6 days by measuring heart rate at work and at rest using a pulse oxymeter then calculated using the % CVL formula. Measurement of mental workload using the NASA-Task Load Index method by distributing questionnaires to 30 operators of HD Komatsu 785-7. Measurements were taken for 6 working days. The measurement is divided into 3 teams, one team consists of 10 operators. Based on the results of the measurements that have been made, the mean value of % CVL with an overall average of 17.00% means that the operator does not experience physical fatigue because <30% is included in the mild category. The resulting load with an overall average of 66.60 which is included in the high workload (61-80) which means it requires special attention. Recommendations Recommendations for repairs are given by random activities, controlling the filling of the KKH, controlling roads, and controlling dust.*

**Keywords:** HD Komatsu 785-7 Operators, %CVL, NASA-Task Load Index.



## 1. PENDAHULUAN

Aktivitas manusia yang melebihi kemampuannya dapat menyebabkan kelelahan fisik dan mental sehingga mengakibatkan terjadinya kecelakaan kerja dan penurunan kinerja. Kemampuan pekerja dapat diketahui dengan melakukan pengukuran beban kerja. Menurut Farihah dan Annisa (2017), beban kerja dapat didefinisikan sebagai suatu perbedaan antara kapasitas atau kemampuan pekerjaan dengan tuntutan pekerjaan yang harus dihadapi. Pengukuran beban kerja terbagi atas dua yaitu beban kerja fisik dan beban kerja mental. Secara umum beban kerja mental tidak memiliki dampak yang terlihat secara langsung. Pekerja cenderung tidak menyadari bahwa beban kerjanya berlebih. Sedangkan beban kerja fisik memiliki dampak yang terlihat secara langsung seperti penurunan kinerja dan kesalahan-kesalahan yang dilakukan oleh pekerja. Menurut Birana, et al. (2019), beban kerja yang berlebih dapat menyebabkan kelelahan kerja. Kelelahan kerja merupakan salah satu permasalahan kesehatan dan keselamatan kerja yang dapat menjadi faktor risiko terjadinya kecelakaan pada saat bekerja.

Berdasarkan data Direktorat Jenderal Mineral Dan Batubara 2019, kecelakaan kerja pada perusahaan tambang 85% terjadi pada perusahaan kontraktor. Salah satu perusahaan kontraktor yang ada di Kalimantan Timur adalah PT. Sims Jaya Kaltim bergerak pada bidang pertambangan batu bara yang beroperasi selama 19 tahun. Penelitian ini akan membahas mengenai beban kerja mental dan fisik Operator HD Komatsu 785-7.

Operator merupakan seorang yang bertugas untuk mengoperasikan alat di suatu perusahaan. Salah satu operator yang memiliki tingkat resiko yang tinggi adalah operator HD Komatsu 785-7 karena memiliki ukuran kendaraan yang besar sehingga jika operator melakukan kesalahan dapat menyebabkan kecelakaan dapat berakibat fatal. Operator HD yang bertugas untuk mengangkut material *Overburden* (OB) dalam proses penambangan batu bara. Operator tersebut dituntut untuk selalu fokus dalam bekerja dan selalu melakukan komunikasi agar tidak terjadi kecelakaan kerja. Beban kerja mental yang dialami operator adalah kejenuhan karena operator HD Komatsu 785-7 harus duduk selama 9 (Sembilan) jam serta melakukan kegiatan pengangkutan material OB dari *front loading* menuju disposal secara berulang. Sedangkan beban fisik yang dialami operator, diantaranya duduk dalam waktu yang lama dapat menyebabkan nyeri punggung. Menurut Birana, dkk. (2019), Kelelahan pengemudi merupakan salah satu faktor resiko kecelakaan dalam transportasi. Kelelahan pengemudi menimbulkan menurunnya daya konsentrasi, timbulnya rasa kantuk, lambatnya bereaksi, kelelahan pada mata, kejenuhan, penurunan perhatian, tertidur sesaat, dan keluar dari jalur yang seharusnya. Karena hal ini Penelitian pengukuran beban kerja mental dan fisik operator HD Komatsu 785-7 penting untuk dilakukan.

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode NASA TLX dan %CVL. NASA-TLX (*Task Load Index*) adalah pengukuran yang dibagi atas enam dimensi. Penentuan pengukuran beban kerja mental meliputi kebutuhan fisik, kebutuhan mental, tekanan, waktu pencapaian kinerja usaha dan tingkat *stress*. NASA TLX dibagi atas dua bagian yaitu tahap perbandingan skala dan pemberian nilai terhadap pekerjaan. Metode NASA-TLX memiliki kelebihan diantaranya cocok untuk berbagai jenis pekerjaan dan setiap faktor penilaian mampu memberikan informasi mengenai beban kerja yang dialami. Selanjutnya pengukuran beban kerja fisik dilakukan dengan menggunakan metode %CVL. Metode %CVL dilakukan dengan melakukan pengukuran denyut nadi pekerja. Kelebihan metode %CVL adalah nilai beban fisik dapat diketahui denyut jantung kerja dari operator. Kemudian dari hasil perhitungan tersebut akan dirumuskan usulan perbaikan untuk mengatasi beban kerja mental dan fisik yang terjadi pada operator HD Komatsu 785-7 PT. Sims Jaya Kaltim.

## 2. BAHAN DAN METODE

Metode penelitian ini dilakukan dengan pendekatan kuantitatif. Dengan menggunakan metode NASA-Task Load Index untuk mengukur beban kerja mental dan metode %CVL untuk mengukur beban kerja fisik. Penelitian ini dilakukan pada PT. Sims Jaya Kaltim kepada 30 operator HD Komatsu 785-7. Teknik pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini

adalah tahap observasi, studi pustaka, kuesioner, dan pengukuran langsung. Data primer merupakan data yang didapatkan peneliti secara langsung. Data primer pada penelitian ini terdiri dari data nilai bobot dan beban kerja mental yang terdapat pada operator HD Komatsu 785-7 yang diolah menggunakan metode NASA-TLX dan Melakukan pengukuran denyut jantung operator HD Komatsu 785-7 yang didapatkan peneliti berdasarkan pengukuran langsung menggunakan alat fingertips pulse oximeter kemudian dihitung dengan %CVL. Sedangkan data sekunder merupakan data yang didapatkan secara tidak langsung melalui media perantara, data sekunder tersebut diperoleh berdasarkan dokumen perusahaan ataupun melalui website resmi milik perusahaan.

#### a. *Beban Kerja*

Beban kerja dapat didefinisikan sebagai suatu perbedaan antara kapasitas atau kemampuan pekerjaan dengan tuntutan pekerjaan yang harus dihadapi. Mengingat kerja manusia bersifat mental dan fisik, maka masing-masing mempunyai tingkat pembebanan yang berbeda-beda. Tingkat pembebanan yang terlalu tinggi memungkinkan pemakaian energi yang berlebihan dan overstress, sebaliknya intensitas pembebanan yang terlalu rendah meungkinkan rasa bosan dan kejenuhan atau understress (Farihah dan Annisa, 2017).

#### b. *Beban Kerja Mental*

Menurut Puteri dan Sukarna (2017), Beban kerja mental yang merupakan perbedaan antara tuntutan kerja mental dengan kemampuan mental yang dimiliki oleh pekerja yang bersangkutan. Beban kerja yang timbul dari aktivitas mental di lingkungan kerja antara lain disebabkan oleh :

- 1). Keharusan untuk tetap dalam kondisi kewaspadaan tinggi dalam waktu lama
- 2). Kebutuhan untuk mengambil keputusan yang melibatkan tanggung jawab besar
- 3). Menurunnya konsentrasi akibat aktivitas yang monoton
- 4). Kurangnya kontak dengan orang lain, terutama untuk tempat kerja yang terisolasi dengan orang lain.

#### c. *Beban Kerja Fisik*

Beban kerja fisik adalah beban Perkerjaan yang di terima oleh fisik pekerja yang dilakukan dengan mengandalkan kegiatan fisik semata akan mengakibatkan perubahan pada fungsi alat-alat tubuh. Beban kerja fisik menjadikan konsumsi energisebagai factor utama yang dijadikan tolak ukur penentu berat atau ringannya suatu pekerjaan (Purwaningsih, 2017).

#### d. *NASA-Task Load Index*

Menurut Amri (2017), langkah-langkah dalam pengukuran beban kerja mental dengan menggunakan metode NASA-TLX, yaitu:

- 1). Penjelasan Indikator Beban Mental yang Akan Diukur Indikator

**Tabel 1.** Indikator Beban Mental

No	Dimensi	Deskripsi	Skala Rating
1	Tuntutan Mental ( <i>Mental Demand</i> )	Seberapa besar tututan aktivitas mental yang dibutuhkan dalam pekerjaan (contoh: berpikir, menghitung, mengingat, melihat) Apakah pekerjaan tersebut mudah atau sulit, sederhana atau kompleks, longgar atau ketat?	Rendah-Tinggi
2	Kebutuhan Fisik ( <i>Physical demand</i> )	Jumlah aktifitas fisik yang dibutuhkan operator (misalnya: mendorong, menarik dan mengontrol putaran)	Rendah-Tinggi
3	Tuntutan Waktu ( <i>Temporary Demand</i> )	Seberapa besar tekanan waktu yang dirasakan selama pekerjaan atau elemen pekerjaan berlangsung? Apakah pekerjaan perlahan dan santai, atau cepat dan melelahkan?	Rendah-Tinggi
4	Performansi ( <i>Own Performance</i> )	Seberapa besar keberhasilan di dalam mencapai target pekerjaan?	Rendah -Tinggi
5	Tingkat Usaha ( <i>Effort</i> )	Seberapa puas performansi di dalam mencapai target tersebut?	Rendah-Tinggi
6	Tingkat Frustrasi ( <i>Frustration</i> )	Seberapa besar usaha yang dikeluarkan secara mental dan fisik yang dibutuhkan untuk mencapai level performansi	Rendah-Tinggi

## 2). Pembobotan

Pada bagian ini responden diminta untuk memilih salah satu dari dua indikator yang dirasakan lebih dominan menimbulkan beban kerja mental terhadap pekerjaan tersebut. Kuisisioner NASA-TLX yang diberikan berbentuk perbandingan berpasangan yang terdiri dari 15 perbandingan berpasangan. Dari kuisisioner ini dihitung jumlah *tally* dari setiap indikator yang dirasakan paling berpengaruh. Jumlah *tally* ini kemudian akan menjadi bobot untuk tiap indikator beban mental. Indikator perbandingan 15 berpasangan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Berpasangan NASA-TLX

No	Perbandingan Berpasangan	
1	Tingkat Usaha (TU)	Performance (P)
2	Kebutuhan Waktu (KW)	Tingkat Frustrasi (TF)
3	Kebutuhan Waktu (KW)	Tingkat Usaha (TU)
4	Kebutuhan Fisik (KF)	Tingkat Frustrasi (TF)
5	Performance (P)	Tingkat Frustrasi (TF)
6	Kebutuhan Fisik (KF)	Kebutuhan Waktu (KW)
7	Kebutuhan Fisik (KF)	Performance (P)
8	Kebutuhan Waktu (KW)	Kebutuhan Mental (KM)
9	Tingkat Frustrasi (TF)	Tingkat Usaha (TU)
10	Performance (P)	Kebutuhan Mental (KM)
11	Performance (P)	Kebutuhan Waktu (KW)
12	Kebutuhan Mental (KM)	Tingkat Usaha (TU)
13	Kebutuhan Mental (KM)	Kebutuhan Fisik (KF)
14	Tingkat Usaha (TU)	Kebutuhan Fisik (KF)
15	Tingkat Frustrasi (TF)	Kebutuhan Mental (KM)

3). Pemberian *Rating*

Pada bagian ini responden diminta memberi *rating* terhadap keenam indikator beban mental. *Rating* yang diberikan adalah subjektif tergantung pada beban mental yang dirasakan oleh responden tersebut. *Rating* yang diberikan adalah subjektif tergantung pada beban mental yang dirasakan oleh responden tersebut. Untuk mendapatkan skor beban mental NASA-TLX, bobot dan *rating* untuk setiap indikator dikalikan kemudian dijumlahkan dan dibagi 15 (jumlah perbandingan berpasangan). Berdasarkan skala *Rating Sheet* pada metode NASA-TLX menggunakan skala dari 0 sampai 100, nilai 0 berada pada *range* rendah (*low*) dan nilai 100 berada pada *range* tinggi (*high*). Kategori ini digunakan sebagai nilai pengali pada bobot yang diambil dari hasil wawancara berikut merupakan contoh *rating sheet* Gambar 1.

Menurut Diniaty dan Ikhsan (2018), penjabaran yang didapat pada metode NASA-TLX berikut ini merupakan langkah mengolah data yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

## 1). Menghitung Produk

Produk diperoleh dengan cara mengalikan *rating* dengan faktor untuk masing-masing deskriptor. Dengan demikian dihasilkan 6 nilai produk untuk 6 indikator (KM, KW, KF, P, TU, dan TF)

$$\text{Produk} = \text{Rating} \times \text{Bobot kerja} \quad (1)$$

2). Menghitung *Weighted Workload* (WWL)

WWL diperoleh dengan cara menjumlahkan keenam nilai produk

$$\text{WWL} = \sum \text{produk} \quad (2)$$

## 3). Menghitung Rata-rata WWL

Rata-rata WWL diperoleh dengan cara membagi WWL dengan bobot total.

$$\text{Skor} = \frac{\sum(\text{bobot} \times \text{rating})}{15} \quad (3)$$

1. *Mental Demands (MD)*  
Seberapa besar usaha mental yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan ini?

Rendah (0) 10 20 30 40 50 60 70 80 90 Tinggi (100)

2. *Physical Demands (PD)*  
Seberapa besar usaha fisik yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan ini?

Rendah (0) 10 20 30 40 50 60 70 80 90 Tinggi (100)

3. *Temporal Demands (TD)*  
Seberapa besar tekanan yang dirasakan berkaitan dengan waktu untuk menyelesaikan pekerjaan ini?

Rendah (0) 10 20 30 40 50 60 70 80 90 Tinggi (100)

4. *Own Performance (OP)*  
Seberapa besar tingkat keberhasilan yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan ini?

Berhuma (0) 10 20 30 40 50 60 70 80 90 (100)

5. *Effort (EF)*  
Seberapa besar kerja mental dan fisik yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan ini?

Rendah (0) 10 20 30 40 50 60 70 80 90 Tinggi (100)

6. *Frustration (FR)*  
Seberapa besar kecemasan, perasaan tertekan, dan stress yang dirasakan untuk menyelesaikan pekerjaan ini?

Rendah (0) 10 20 30 40 50 60 70 80 90 Tinggi (100)

Gambar 1. Rating Sheet NASA-TLX

## 4). Interpretasi Nilai Skor

Berdasarkan pengkategorian dalam teori Nasa-TLX kategori beban kerja mental diklarifikasikan menjadi lima indikator sebagai berikut:

- Golongan pekerjaan sangat rendah (0-20)
- Golongan pekerjaan rendah (21-40)
- Golongan pekerjaan sedang (41-60)
- Golongan pekerjaan tinggi (61-80)
- Golongan pekerjaan sangat tinggi (81-100)

e. *Metode %CVL*

%CVL merupakan metode yang digunakan untuk mengukur beban kerja fisik dengan melakukan pengukuran denyut jantung. Menurut Puteri dan Sukarna (2017), berat ringannya beban kerja yang diterima oleh seorang tenaga kerja dapat digunakan untuk menentukan berapa lama seorang tenaga kerja dapat melakukan aktivitas kerjanya sesuai dengan kemampuan atau kapasitas kerja yang bersangkutan. Di mana semakin berat beban kerja, maka akan semakin pendek waktu seseorang untuk bekerja tanpa kelelahan dan gangguan fisiologis yang berarti atau sebaliknya. Sebaliknya, bila beban kerja yang diberikan terlalu ringan maka akan menimbulkan kebosanan pada seseorang atau operator. Kebutuhan utama dalam pergerakan otot adalah kebutuhan akan oksigen yang dibawa oleh darah ke otot untuk pembakaran zat

dalam menghasilkan energi. Sehingga jumlah oksigen yang dipergunakan oleh tubuh merupakan salah satu indikator pembebanan selama bekerja. Dengan demikian setiap aktivitas pekerjaan memerlukan energi yang dihasilkan dari proses pembakaran. Berdasarkan hal tersebut maka kebutuhan kalori dapat digunakan sebagai indikator untuk menentukan besar ringannya beban kerja.

- 1). Beban kerja ringan : 100-200 Kilo kalori/ jam
- 2). Beban kerja sedang: > 200-350 Kilo kalori/ jam
- 3). Beban kerja berat : > 350-500 Kilo kalori/ jam

Menurut Puteri dan Sukarna (2017), salah satu yang dapat digunakan untuk menghitung denyut jantung adalah telemetri dengan menggunakan rangsangan *Electrocardio Graph (ECG)*. Apabila peralatan tersebut tidak tersedia dapat memakai stopwatch dengan metode 10 denyut. Dengan metode tersebut dapat dihitung denyut nadi kerja sebagai berikut:

$$\text{Denyut nadi} = \frac{10 \text{ denyut}}{\text{waktu perhitungan}} \times 60 \quad (4)$$

Menurut Puteri dan Sukarna (2017), selain metode denyut jantung tersebut, dapat juga dilakukan penghitungan denyut nadi dengan menggunakan metode 15 atau 30 detik. Penggunaan nadi kerja untuk menilai berat ringannya beban kerja memiliki beberapa keuntungan. Beberapa keuntungan penggunaan nadi adalah tidak mengganggu aktivitas pekerja yang diukur, selain mudah, cepat, dan murah. Kepekaan denyut nadi akan segera berubah dengan perubahan pembebanan, baik yang berasal dari pembebanan mekanik, fisika, maupun kimiawi. Denyut nadi untuk mengestimasi *index* beban kerja terdiri dari beberapa jenis, yaitu:

- 1). Denyut jantung pada saat istirahat (*resting pulse*) adalah rata-rata denyut jantung sebelum suatu pekerjaan dimulai.
- 2). Denyut jantung selama bekerja (*working pulse*) adalah rata-rata denyut jantung pada saat seseorang bekerja.
- 3). Denyut jantung untuk bekerja (*work pulse*) adalah selisih antara denyut jantung selama bekerja dan selama istirahat.
- 4). Denyut jantung selama istirahat total (*recovery cost or recovery cost*) adalah jumlah aljabar denyut jantung dan berhentinya denyut pada suatu pekerjaan selesai dikerjakannya sampai dengan denyut berada pada kondisi istirahatnya.
- 5). Denyut kerja total (*Total work pulse or cardiac cost*) adalah jumlah denyut jantung dari mulainya suatu pekerjaan sampai dengan denyut berada pada kondisi istirahatnya (*resting level*). Lebih lanjut untuk menentukan klasifikasi beban kerja berdasarkan peningkatan denyut nadi kerja yang dibandingkan dengan denyut nadi maksimum karena beban kardiovaskuler (*cardiovascular = % CVL*) yang dihitung berdasarkan rumus di bawah ini:

$$\% CVL = \frac{DNK-DNI}{DNMaks-DNI} \times 100 \quad (5)$$

Menurut Puteri dan Sukarna (2017), denyut nadi maksimum adalah (220-umur) untuk laki-laki dan (200-umur) untuk wanita. Dari perhitungan % CVL kemudian akan dibandingkan dengan klasifikasi yang telah ditetapkan sebagai berikut:

- 1). < 30% = Tidak terjadi kelelahan
- 2). 30-<60% = Diperlukan perbaikan
- 3). 60-<80 = Kerja dalam waktu singkat
- 4). 80-<100% = Diperlukan tindakan segera
- 5). >100% = Tidak diperbolehkan beraktivitas.

Berdasarkan beberapa interpretasi nilai skor tersebut klasifikasi yang dilakukan terhadap beban kerja mental dapat lebih mudah dan sederhana. Nilai skor ini merupakan nilai akhir yang digunakan untuk menganalisa ke tahap selanjutnya.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

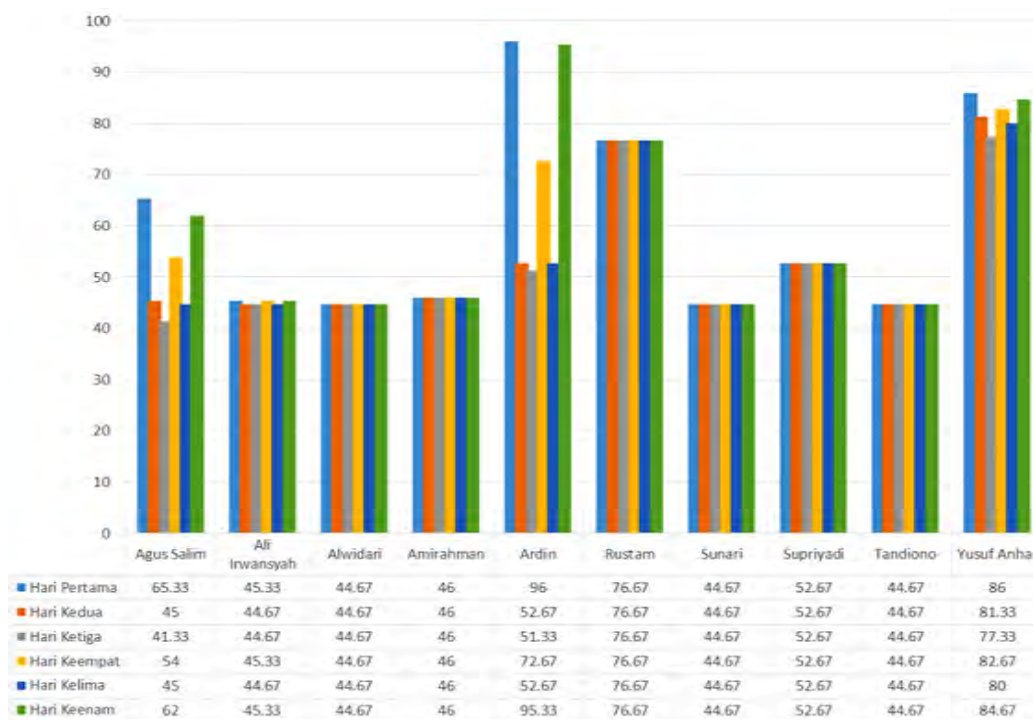
#### a. *Beban Kerja Mental*

Pengukuran beban kerja mental yang dilakukan oleh peneliti berfungsi untuk mengetahui seberapa besar beban mental yang dialami oleh operator HD Komatsu 785-7 selama

mengoperasikan unit. Pengukuran beban kerja mental dilakukan selama sekali dalam sehari dengan memberikan kuesioner kepada operator pada waktu istirahat. Pengukuran beban kerja mental dilakukan dengan melakukan penyebaran kuesioner kepada operator HD Komatsu 785-7.

Pengukuran beban kerja mental ini dilakukan dengan cara memberikan kuesioner kepada 30 operator. Berdasarkan data yang telah didapatkan, maka dilakukan langkah lanjutan untuk mengetahui beban kerja mental operator HD Komatsu 785-7 pada Regu A, Regu B dan Regu C. Adapun perhitungan beban kerja mental Regu A, Regu B, dan Regu C operator HD Komatsu 785-7 dapat dilihat pada Gambar 3, Gambar 4, dan Gambar 5.

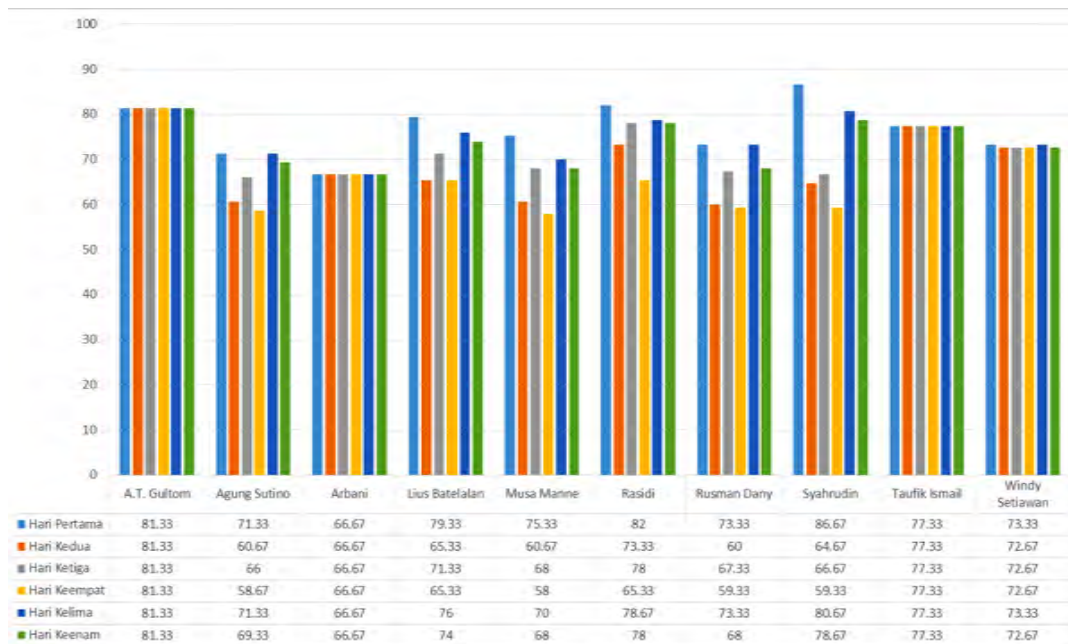
Berdasarkan Gambar 2, dapat diketahui rata-rata beban kerja mental yang dialami operator Hd Komatsu 785-7 pada Regu A. Menurut operator peningkatan beban mental dipengaruhi oleh faktor cuaca karena pada saat cuaca panas operator harus bekerja secara terus menerus yang dapat menyebabkan kejenuhan meningkat karena operator harus duduk selama 9 jam diunitnya sedangkan pada cuaca hujan operator tidak melakukan aktivitas pengangkutan. Pada saat hujan operator dapat memanfaatkan waktunya dengan tidur dikabin atau beristirahat di kontainer yang ada di *pit stop*. Hal yang mempengaruhi Regu A mengalami perbedaan golongan dengan regu lainnya adalah kondisi jalan geometri jalan yang dilewati tergolong baik. Kondisi jalan geometri jalan yang baik menjadi faktor pendukung karena dengan kondisi geometri jalan yang baik membuat operator lebih nyaman dalam mengemudikan unitnya dan tidak terkendala dalam proses pengangkutan.



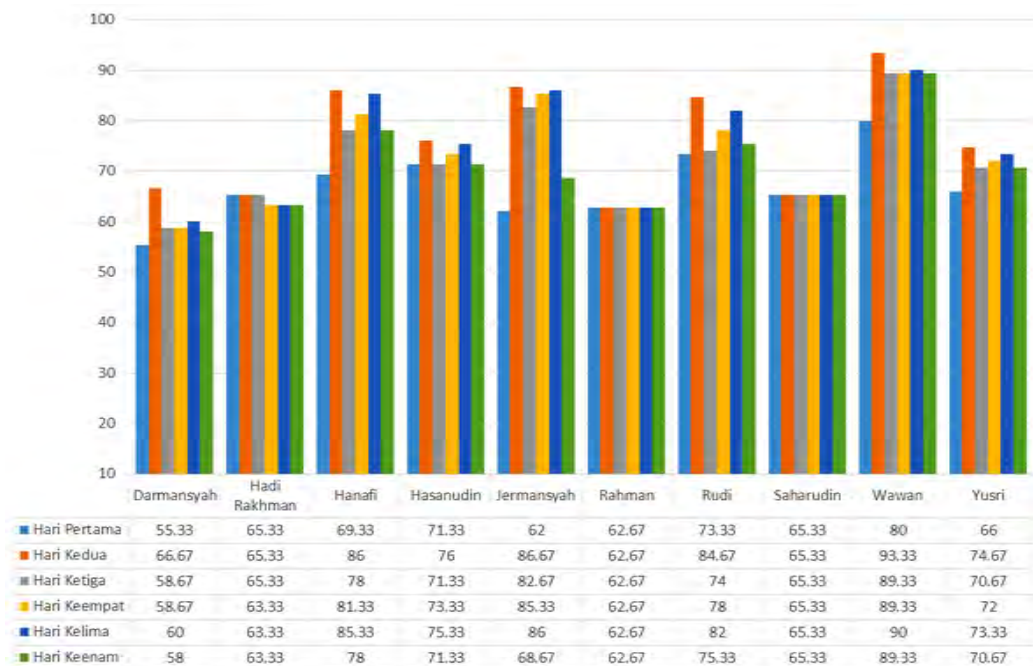
Gambar 2. Beban Kerja Mental Regu A

Berdasarkan Gambar 3 dapat diketahui rata-rata beban kerja fisik yang dialami operator HD Komatsu 785-7 pada Regu B. Menurut operator peningkatan beban mental dipengaruhi oleh faktor cuaca karena pada saat cuaca panas operator harus bekerja secara terus menerus yang dapat menyebabkan kejenuhan meningkat karena operator harus duduk selama 9 jam diunitnya sedangkan pada cuaca hujan operator tidak melakukan aktivitas pengangkutan. Pada saat hujan operator dapat memanfaatkan waktunya dengan tidur dikabin atau beristirahat di kontainer yang ada di *pit stop*. Peningkatan beban mental yang dialami Regu B dikarenakan kondisi geometri jalan yang kurang baik. Sehingga membuat operator menjadi tidak nyaman dalam

mengemudi unitnya dengan kondisi geometri jalan yang bergelombang memperlambat operator saat mengoperasikan unit.



Gambar 3. Beban Kerja Mental Regu B



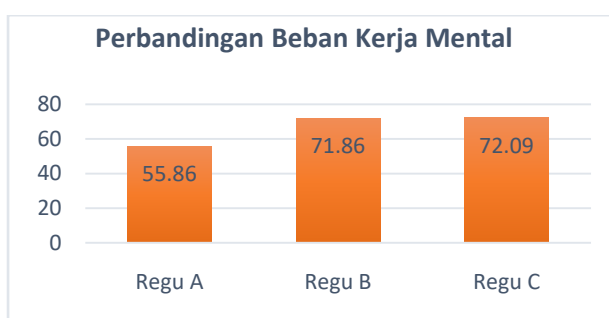
Gambar 4. Beban Kerja Mental C

Berdasarkan Gambar 4, dapat diketahui rata-rata beban kerja fisik yang dialami operator HD Komatsu 785-7 pada Regu C. Menurut operator peningkatan beban mental dipengaruhi oleh faktor cuaca karena pada saat cuaca panas operator harus bekerja secara terus menerus yang dapat menyebabkan kejenuhan meningkat karena operator harus duduk selama 9 jam di unitnya sedangkan pada cuaca hujan operator tidak melakukan aktivitas pengangkutan. Pada saat hujan operator dapat memanfaatkan waktunya dengan tidur dikabin atau beristirahat di kontainer yang ada di *pit stop*. Peningkatan beban mental yang dialami Regu C dikarenakan

kondisi geometri jalan yang kurang baik. Sehingga membuat operator menjadi tidak nyaman dalam mengemudikan unitnya dengan kondisi geometri jalan yang bergelombang memperlambat operator saat mengoperasikan unit dan debu yang meningkat yang membuat operator harus meningkatkan fokusnya saat mengoperasikan unit.

**b. Analisis Perbandingan Beban Kerja mental Berdasarkan Regu**

Nilai rata-rata berdasarkan regu adalah pada Regu A sebesar 55,86, Regu B sebesar 71,86 dan Regu C sebesar 72,09 termasuk dalam golongan tinggi karena  $>60$ . Berdasarkan pembahasan diatas dapat diketahui bahwa sebagian operator menganggap bahwa beban kerja mental yang dialaminya setiap hari sama dan sebagian lagi menganggap bahwa beban kerja yang dialami tergantung pada cuaca. Dari hasil pengukuran beban mental yang telah dilakukan dapat diketahui geometri jalan dan debu berpengaruh terhadap beban mental yang dialami operator. Nilai perbandingan dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Perbandingan Beban Kerja Mental

**c. Analisis Hasil Pengukuran Beban Kerja Mental Keseluruhan**

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan didapatkan hasil beban kerja mental rata-rata sebesar 66.60 termasuk dalam golongan tinggi karena berada pada rentang 61 sampai dengan 80 atau karena  $>60$ . Dari hasil pengukuran beban mental yang telah dilakukan dapat diketahui geometri jalan dan debu berpengaruh terhadap beban mental yang dialami operator. Hal ini membuat operator harus meningkatkan kewaspadaan agar tidak terjadi kecelakaan.

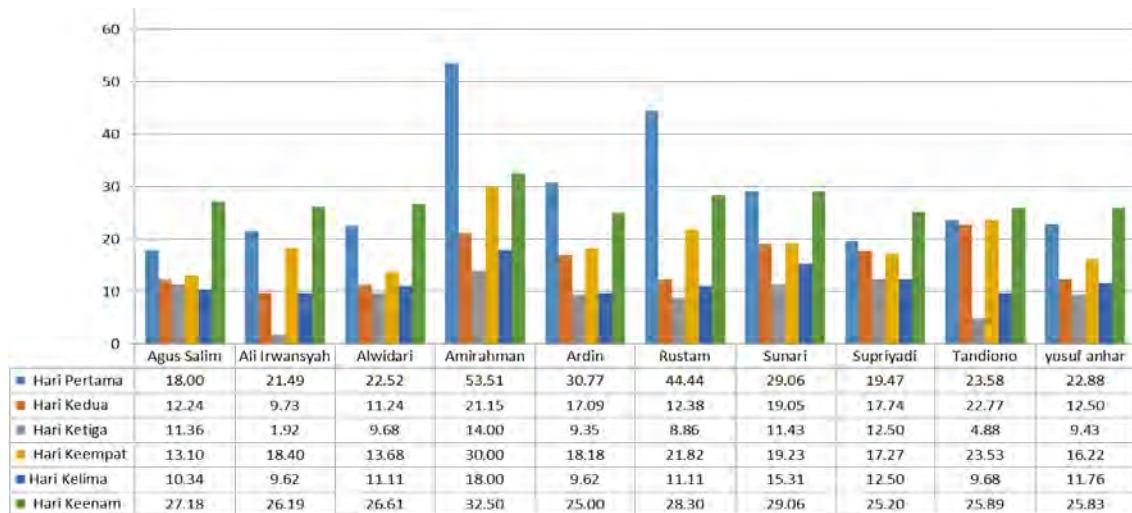
**d. Beban Kerja Fisik**

Pengukuran beban kerja fisik yang dilakukan oleh peneliti berfungsi untuk mengetahui seberapa besar beban fisik yang dibutuhkan oleh operator selama mengoperasikan unit. Pengukuran beban kerja fisik ini dilakukan sebanyak 4 Kali dalam sehari kepada operator. Pengukuran pertama dilakukan di *center control room* (CCR) operator yang merupakan tempat awal untuk pengukuran dikarenakan operator saat pertama datang harus berkumpul untuk absen, penandatanganan buku KKH oleh pengawas dan tempat untuk melakukan P5M (Penyampaian 5 Menit), pengukuran kedua dilakukan pada saat operator selesai memarkirkan unit sedangkan pengukuran ketiga dilakukan setelah operator telah beristirahat dalam selama  $\pm 30$  menit. Pengukuran kedua dan ketiga dilakukan di *pit stop*, *area dumping*, dan *area front loading*, dan pengukuran keempat dilakukan di area *Hot Change Shift* (HCS). Pengukuran dilakukan untuk mengukur beban kerja fisik operator sebelum pulang. Pengukuran ini dilakukan saat operator selesai memarkirkan unitnya. Berdasarkan data yang telah didapatkan, maka dilakukan langkah lanjutan untuk mengetahui beban kerja mental operator HD Komatsu 785-7 pada Regu A, Regu B dan Regu C. Nilai beban kerja fisik dapat dijelaskan sebagai berikut.

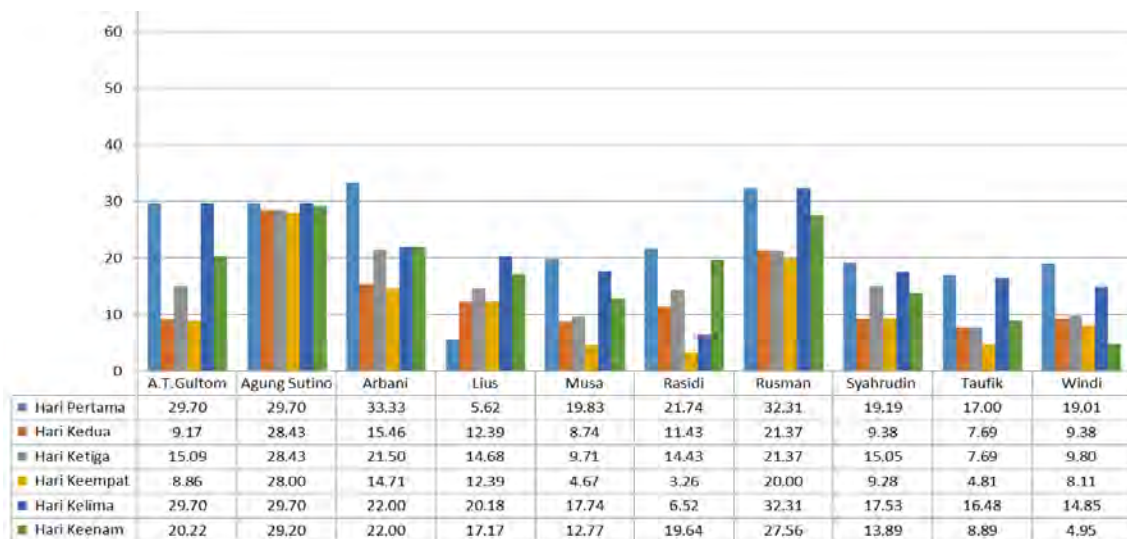
Berdasarkan rata-rata beban kerja fisik yang dialami operator HD Komatsu 785-7 pada Regu A (lihat Gambar 6) adalah pada hari pertama 28,57% yang tergolong dalam kategori ringan dan cuaca dalam keadaan panas, pada hari kedua beban kerja fisik sebesar 15,59% dengan keadaan cuaca keadaan berawan atau mendung, pada hari ketiga beban kerja fisik sebesar 9,34% dengan keadaan cuaca dalam keadaan hujan dengan intensitas tinggi selama 2



(dua) jam yang menyebabkan operator tidak beroperasi 4 (empat) jam karena karena tanah licin dan jalan harus di *scrub* selama 2 (dua) menggunakan *bulldozer* dan *grader* agar tidak licin saat dilewati oleh HD. Pada hari keempat 19,14% dengan keadaan cuaca panas, ada hari kelima beban kerja fisik sebesar 11,91% dengan keadaan cuaca dalam hujan dengan intensitas rendah selama 2 (jam) yang menyebabkan operator tidak beroperasi selama 3 jam karena jalan harus di *scrub* selama 1 (satu) jam menggunakan *bulldozer* dan *grader* agar tanah tidak licin saat dilewati HD. Pada hari keenam beban kerja fisik sebesar 27,18% dengan keadaan cuaca dalam keadaan panas. Berdasarkan penjelasan diatas dapat diketahui presentase rata-rata tertinggi adalah 28,57% dan presentase rata-rata terendah adalah 9,34%.



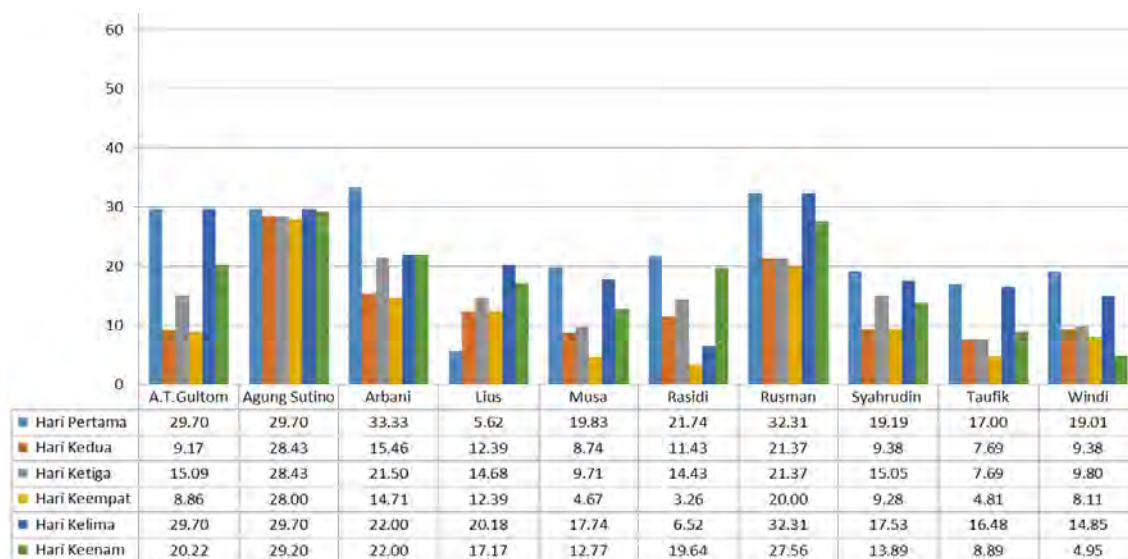
Gambar 6. Beban kerja fisik Regu A



Gambar 7. Beban Kerja Fisik Operator Regu B

Berdasarkan rata-rata beban kerja fisik yang dialami oleh operator HD Komatsu 785-7 Regu B (lihat Gambar 7) adalah pada hari pertama sebesar 22,74% dengan keadaan cuaca dalam keadaan panas, pada hari kedua 13,34% dengan keadaan cuaca dalam keadaan hujan dengan intensitas tinggi selama 1 (satu) jam yang mengakibatkan operator berhenti beroperasi selama 3 (tiga) jam karena jalan harus di *scrub* selama 2 (dua) jam menggunakan *bulldozer* dan *grader* agar tanah tidak licin saat dilewati HD. Pada hari ketiga beban kerja fisik sebesar 15,78% dengan keadaan cuaca dalam keadaan panas berawan atau mendung, pada hari keempat beban kerja fisik sebesar 11,41% dengan keadaan cuaca dalam keadaan hujan dengan intensitas

rendah selama 2(dua) jam yang menyebabkan operator tidak beroperasi selama 3 (tiga) jam karena jalan harus di *scrub* selama 1 (satu) jam menggunakan *bulldozer* dan *grader* agar tanah tidak licin saat dilewati HD. Pada hari kelima beban kerja fisik sebesar 20,70% dengan keadaan cuaca dalam keadaan panas, dan pada hari keenam beban kerja fisik sebesar 17,63% yang termasuk dengan keadaan dalam keadaan panas. Berdasarkan penjelasan diatas dapat diketahui presentase rata-rata tertinggi adalah 22,74% dan presentase rata-rata terendah adalah 11,41%.

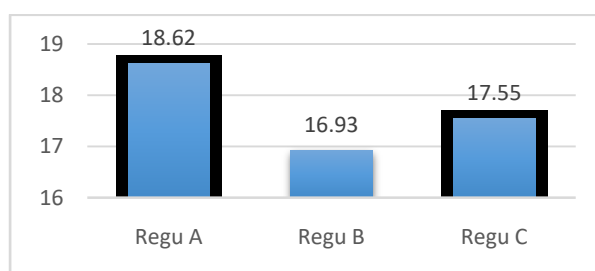


**Gambar 8.** Beban Kerja Fisik Operator Regu C

Berdasarkan rata-rata beban kerja fisik yang dialami oleh operator HD Komatsu 785-7 Regu C (lihat Gambar 8) adalah pada hari pertama sebesar 7,44% dengan keadaan cuaca dalam keadaan hujan dengan intensitas tinggi selama 2 (dua) jam yang menyebabkan operator tidak beroperasi selama 4 (empat) jam harus di *scrub* selama 2 (dua) jam menggunakan *bulldozer* dan *grader* agar tidak licin saat dilewati oleh HD. Pada hari kedua beban kerja fisik yang dialami operator 27,81% dengan keadaan cuaca dalam keadaan panas terik, pada hari ketiga beban kerja fisik sebesar 16,13% dengan keadaan cuaca dalam keadaan panas berawan atau mendung, pada hari keempat beban kerja fisik sebesar 18,86% dengan keadaan cuaca dalam keadaan panas, pada hari kelima beban kerja fisik sebesar 23,75% dengan keadaan cuaca dalam keadaan panas, dan pada hari keenam beban kerja fisik sebesar 11,31% dengan keadaan cuaca dalam keadaan hujan dengan intensitas rendah selama 2 (dua) jam yang menyebabkan operator tidak beroperasi selama 3 (tiga) jam karena jalan harus di *scrub* selama 1 (satu) jam menggunakan *bulldozer* dan *grader* agar tanah tidak licin saat dilewati HD. Berdasarkan penjelasan diatas dapat diketahui presentase rata-rata tertinggi adalah 27,81% dan presentase rata-rata terendah adalah 7,44%.

#### **e. Analisis Perbandingan Beban Kerja Fisik Berdasarkan Regu**

Nilai rata-rata berdasarkan regu diilustrasikan pada Gambar 9. Nilai rata-rata pada regu A sebesar 18,62%, Regu B sebesar 16,93% dan Regu C sebesar 17,55% termasuk dalam kategori ringan karena  $<30$ . Berdasarkan pembahasan di atas, dapat diketahui bahwa cuaca sangat berpengaruh terhadap beban kerja fisik yang dialami oleh operator. Nilai rata-rata semua regu  $<30$ , maka dapat disimpulkan tidak terjadi kelelahan. Beban kerja fisik tergolong rendah dikarenakan operator bekerja dalam posisi duduk sehingga energi yang dikeluarkan tidak terlalu besar.



**Gambar 9.** Perbandingan Beban Kerja Fisik Berdasarkan Regu

#### **f. Analisis Beban Kerja Fisik Secara Keseluruhan**

Berdasarkan Gambar 9 dapat diketahui bahwa rata-rata beban kerja fisik yang dialami operator termasuk dalam kategori ringan dengan rata-rata sebesar 17,70% dengan 9 orang. Regu A terdiri dari 3 orang yaitu Amirahman sebesar 53, 51% pada hari pertama, 30% pada hari keempat dan pada 32,20 % hari keenam, dan Ardin sebesar 30,37% pada hari pertama pada dan Rustam sebesar 44,44% pada hari pertama. Regu B yaitu terdiri dari 2 orang Arbani sebesar 33,33% pada hari pertama, Rusman 32,31% dan 32,31% pada hari kelima. Regu C terdiri dari 4 orang yaitu Darmansyah 30%, Hanafi 30,39%, Hasanudin 31,48% dan Rahman 31,73%. Dari hasil pengukuran beban fisik yang telah dilakukan dapat diketahui geometri jalan dan debu berpengaruh terhadap beban fisik yang dialami operator.

#### **g. Perbaikan dan Usulan**

Perbaikan dan usulan diperlukan agar kedepannya beban kerja yang dialami oleh operator dapat diatasi. Adapun usulan dan perbaikan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

##### 1). Kegiatan Random Fatigue

Kegiatan *random fatigue* dilakukan untuk mengecek kondisi operator pada saat beroperasi *random fatigue* dilakukan setiap hari pada waktu yang telah ditentukan oleh bidang *safety* dan tim medis yang ada di perusahaan. Kegiatan ini sangat penting untuk mencegah terjadi kecelakaan dalam bekerja. biasanya *random fatigue* dilakukan pada  $\pm 10$  orang setiap pengecekan. Dengan adanya kegiatan *random fatigue* dapat mencegah terjadi kecelakaan akibat kelelahan yang dialami oleh operator. Menurut Setiawan et al. (2020), Analisis data tersebut menunjukkan *driver* mempunyai risiko tinggi terhadap kelelahan kerja sehingga upaya perusahaan melakukan *fatigue management* yaitu melakukan cek kelelahan kerja.

##### 2). Kontroling Pengisian Kesiapan Kerja Harian (KKH)

Menurut Potter & Perry (2010) dalam Susanti et al. (2017) gangguan tidur dapat menimbulkan beberapa efek pada manusia. Ketika kurang tidur seseorang akan berpikir dan bekerja lebih lambat. Hal ini dapat mengakibatkan penurunan produktivitas kerja. Kualitas tidur buruk dapat mengakibatkan gangguan keseimbangan fisiologi dan psikologi. Dampak fisiologi meliputi penurunan aktivitas sehari-hari, rasa lelah, lemah dan daya tubuh menurun. Dampak psikologis meliputi depresi, stres, cemas dan tidak konsentrasi. Oleh karena itu, kontroling pada pengisian KKH sangat diperlukan untuk mengetahui jumlah jam tidur yang dilakukan oleh operator. Pada kegiatan ini diharapkan pengawas lebih teliti dalam melihat jam tidur karena dapat berpengaruh pada kinerja operator saat mengoperasikan unit. Kegiatan Kontroling KKH sangat dibutuhkan agar pengawas lapangan mengetahui jumlah waktu tidur operator setelah bekerja, KKH ditandatangani oleh istri ataupun saudara. Jumlah waktu tidur kurang maka operator bisa tertidur saat mengemudikan alat.

##### 3). Kegiatan Kontroling Jalan

Kegiatan Kontroling jalan dilakukan untuk mengetahui kondisi jalan yang ada pada tempat operasi. Kegiatan Kontroling jalan sangat diperlukan karena berpengaruh produksi perusahaan dan keselamatan operator. Kegiatan Kontroling jalan sangat penting dilakukan oleh *dozer* dan *grader*. Salah satu faktor utama yang mempengaruhi produksi penambangan batubara adalah

sistem pengangkutan. Faktor yang mempengaruhi *cycle time* antara lain jarak angkut, kemiringan jalan, tahanan gulir, geometri jalan (lebar dan *grade* jalan, radius tikungan), faktor kesepadanan alat (*match factor*) (Toha, et al. 2019). Lokasi SM-B2 yang bergelombang ada pada jalan menuju disposal. Jika kondisi jalan terlalu bergelombang maka operator dapat mengalami sakit pinggang dan jika tanggul tidak standar (tinggi minimal setinggi ban HD) maka dapat berpotensi menyebabkan unit keluar dari jalan. Menurut Aldiyansah, et al. (2016), Kondisi jalan yang tidak sesuai dan cenderung dipaksakan akan mempengaruhi tidak nyamannya operator alat untuk melintasi jalan, produktivitas umur alat menurun, dan berpotensi menimbulkan kecelakaan.

#### 4). Kegiatan Kontroling Debu

Kegiatan Kontroling debu sangat diperlukan agar jarak pandang antar unit tidak terganggu dengan adanya debu. Debu ini dapat menyebabkan kecelakaan akibat jarak pandang yang terganggu. Pencegahan debu dapat dilakukan dengan penyiraman menggunakan *water tank* yang ada. Sebaiknya untuk penyiraman dilakukan  $\pm 10$  Menit sebelum waktu istirahat dan sebelum pergantian *change regu* (Jika cuaca panas). Kegiatan kontrolling debu sangat dibutuhkan agar jarak pandang operator tidak terganggu, rendahnya jarak pandang mata dapat menimbulkan kecelakaan saat mengemudikan alat. Berdasarkan Standard Operating Procedure (SOP) pada PT. Sims Jaya Kaltim.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- 1). Berdasarkan dari hasil pengukuran beban mental yang telah dilakukan dapat diketahui geometri jalan dan debu berpengaruh terhadap beban mental yang dialami operator. Penelitian beban kerja yang telah dilakukan dengan menggunakan NASA –TLX didapatkan hasil beban kerja mental secara keseluruhan sebesar 66.60 atau tergolong tinggi yang berarti harus dilakukan pemantauan terhadap operator HD Komatsu 785-7 saat melakukan pekerjaan.
- 2). Berdasarkan hasil pengukuran beban fisik yang telah dilakukan untuk operator dengan menggunakan metode %CVL maka didapatkan hasil sebesar 17.70% yang termasuk dalam kategori ringan yang berarti operator HD Komatsu 785-7 tidak mengalami beban kerja fisik saat melakukan pekerjaannya. Hal ini dikarenakan operator bekerja dalam posisi duduk sehingga energi yang dikeluarkan tidak terlalu besar.
- 3). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan rekomendasi usulan perbaikan diantaranya kegiatan kontroling *random fatigue*, kontroling pengisian KKH, kegiatan kontroling jalan, dan kegiatan kontroling debu.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Saya sangat berterima kasih kepada pihak perusahaan yang telah mengizinkan saya untuk melakukan penelitian serta pembimbing selama melakukan penelitian dan kepada Ibu Lina Dianati Fatimahhayati, S.T., M.T. dan Bapak Willy Tambunan, S.T., M.T. selaku pembimbing saya yang selalu mengarahkan saya dalam penyusunan artikel ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aldiyansyah, Husain, J. R., & Nurwaskito, A. (2016), *Analisis Geometri Jalan Di Tambang Utara Pada Pt. Ifishdeco Kecamatan Tinanggea Kabupaten Konawe Selatan Provinsi Sulawesi Tenggara*. Jurnal Geomine, Vol. 4.
- Amri, H. (2017). *Analisis Beban Kerja Psikologis dengan Menggunakan Metode NASA-TLX pada Operator Departemen Fiber Line di PT. Toba Pulp Lestari*. Industrial Engineering Journal, Vol. 6.

- Birana, A. I., Andy, A., & Azwar, M. (2019). *Kelelahan Kerja Operator Dump Truck (Studi Analitik PT. Indonesia Pratama, Tabang Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur)*. Jurnal Kesehatan Masyarakat, Vol. 9.
- Diniaty, D., & Ikhsan, M. (2018). *Beban Kerja Mental Lantai Produksi Pabrik Kelapa Sawit dengan Metode NASA –TLX di PT. Bin a Pratama Sakanto Jaya, Dharmasyara*. Jurnal Teknik Industri, Vol. 4.
- Fariyah, T., & Annisa, R. N. (2017). *Analisis Beban Kerja Fisik Sebagai Dasar Penentuan Waktu Istirahat Yang Optimal*. Intergrated Lab Journal, Vol. 5.
- Purwaningsih, D., Rosyida, E. E., & Bae, I. (2017). *Analisis beban kerja fisik dan mental PT. Energi A gro Nusantara dengan metode Cardiovascular Load (CVL) dan NASA-TLX*. Seminar Nasional Teknik Industri 2017.
- Puteri, R. M. A. & Sukarna, Z. N. K. (2017). *Analisis Beban Kerja Dengan Menggunakan Metode CVL dan NASA-TLX*. Jurnal Spektrum Industri, Vol. 15.
- Ramdan, I. M. (2006). *Dasar-Dasar Kesehatan dan Keselamatan Kerja*. Penerbit Up. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Mulawarman, Kalimantan Timur.
- Setiawan, B., Fauzan, A., & Norfai. (2020). *Tingkat Kelelahan Kerja Pada Driver Dump Truck Ditinjau Dari Aspek Masa Kerja Dan Usia Di Pt Hasnur Riung Sinergi Site Pt Bhumi Rantau Energi Tahun 2019*. MTPH Journal, Vol. 4.
- Susanti, E., Kusuma, F. H.D., & Rosdiana, Y. (2017). *Hubungan Tingkat Stres Kerja Dengan Kualitas Tidur Pada Perawat Di Puskesmas Dau Malang*. Nursing News, Vol. 23, No 3.
- Toha, M. T., Nofanda, R., & Busyaf, R., 2019, *Analisis Efisiensi Kerja Dan Produktivitas Pengangkutan Batubara Sistem Shovel – Dump Truck*. Jurnal Pertambangan, Vol. 3.
- Wignjosebroto, S. (1995). *Ergonomi Studi Gerak dan Waktu*. Guna Widya, Surabaya, Indonesia.

## KAJIAN DESAIN KAPAL PUKAT CINCIN YANG BERPANGKALAN DI PUSAT PENDARATAN IKAN ( PPI ) DESA ERI KOTA MADYA AMBON

Obed Metekohy\*

Program Studi Teknik Perkapalan, Universitas Pattimura, Kota Ambon, Indonesia

\*E-mail korespondensi: [bobmetekohy2710@gmail.com](mailto:bobmetekohy2710@gmail.com)

### ABSTRAK

*The safety of fishermen in fish catch is the main thing that must be consider for a ship designer in designing boats and fishing gear so that fishing operations can be maximized to increase catches and can ensure the safety of vessel, fishing gear and fishermen during fishing operations at sea. This research is aim to examine the design of purse seine vessels based at PPI, Eri village, Ambon City. The method used is a survey method. The results showed that the characteristics of the design parameters of the ship shape coefficient of 30% and the comparison value of the main size of the ship is 49% that did not meet the standard value of fishing boat design. So that this ship is not safe to operate the purse seine equipment.*

**Kata Kunci:** *purse seine, shape coefficient, ship size comparison.*

### ABSTRACT

*Keselamatan nelayan dalam melaut untuk menangkap ikan adalah hal utama yang harus dipertimbangkan bagi seorang desainer dalam rancang bangun kapal dan alat tangkap sehingga operasional penangkapan dapat dimaksimalkan untuk meningkatkan hasil tangkapan dan dapat menjamin keselamatan kapal, alat tangkap dan nelayan selama melakukan operasi penangkapan di laut. Penelitian ini ditujukan untuk meneliti desain kapal pukat cincin yang berpangkalan di PPI desa Eri Kota Madya Ambon. Metode yang digunakan adalah metode survey. Hasil penelitian menunjukkan karakteristik parameter desain koefisien bentuk kapal 30 % dan nilai perbandingan ukuran utama kapal 49 % belum memenuhi nilai standar rancang bangun kapal ikan. Sehingga kapal ini tidak aman untuk mengoperasikan peralatan tangkap jaring lingkar (purse seine).*

**Keywords:** *pukat cincin, koefisien bentuk, perbandingan ukuran kapal.*

### 1. PENDAHULUAN

Kapal ikan pukat cincin (*purse seiner*) merupakan tipe kapal ikan yang dalam pengoperasiannya perlu ditinjau secara khusus, karena kapal ini untuk investasinya menyerap modal yang besar pada usaha penangkapan ikan (Pasaribu, 1986). Pertimbangan aspek teknis dan ekonomis haruslah dipertimbangkan dalam proses perencanaan kapal. Aspek teknis yang harus dipertimbangkan dalam proses perencanaan suatu kapal ikan mencakup konstruksi kapal, kecepatan kapal, stabilitas, daya motor induk, ukuran utama, tata letak ruangan dan material lambung (Fyson, 1985). Selain itu karakteristik daerah penangkapan ikan (*fishing ground*) yang tidak menentu, haruslah dikaji secara khusus. Karakteristik teknis ini harus menjadi bahan pertimbangan dalam rancang bangun kapal perikanan, sehingga operasi penangkapan ikan dapat berjalan dengan lancar dan memperoleh hasil tangkapan yang maksimal (Pangalila, 2007) Penyimpangan dari syarat teknis dalam desain dan pembuatan kapal akan menimbulkan dampak negatif bagi keselamatan peroperasian kapal ikan. Laporan dari Komite Nasional

Keselamatan Transportasi (KNKT) tahun 2007 – 2011 mencatat sebagian besar yaitu 59 % kecelakaan di laut terjadi karena faktor teknis dan 41 % karena faktor manusia (*human error*) (KNKT, 2011).

Pukat cincin adalah alat tangkap yang digunakan untuk menangkap ikan pelagis yang membentuk gerombolan (Ayodhya, 1972). Kapal ikan pukat cincin mempunyai prinsip penangkapan ikan dengan cara melingkari suatu gerombolan ikan dengan jaring, kemudian jaring bagian bawah dikerucutkan dengan menarik talinya untuk memperkecil ruang lingkup gerak ikan, sehingga ikan tidak dapat melarikan dirinya, tertangkap dan terkurung dibagian kantongnya. Kapal pukat cincin mempunyai kemampuan beroperasi di daerah perairan pantai dengan berbagai kondisi cuaca dan iklim, sehingga kapal pukat cincin termasuk dalam kapal perikanan pantai. Perkembangan teknologi kapal pukat cincin semakin maju dalam jangkauan daerah penangkapan yang semakin luas dan jenis ikan pelagis yang tertangkap semakin beragam. Kapal pukat cincin memerlukan adanya tempat penyimpanan jaring, ruang akomodasi, palka ikan, sehingga operasi penangkapan dapat berjalan dengan aman, lancar cepat dan sukses.

#### a. Alat Tangkap Pukat Cincin

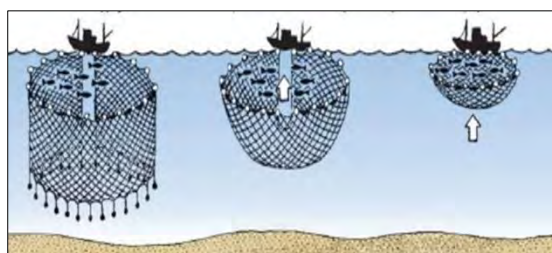
Definisikan singkatan dan akronim pada kali pertama mereka menggunakan pada artikel, bahkan jika telah didefinisikan di abstrak. Singkatan yang sudah sangat dikenal tidak perlu didefinisikan. Jangan gunakan singkatan pada judul kecuali jika benar-benar tak dapat dihindari. Sub bab diberi nomor huruf.

Alat tangkap pukat cincin didesain untuk mampu menangkap ikan dalam jumlah besar yang membentuk kelompok atau gerombolan untuk itu pukat cincin harus dapat :

- 1). Melingkari secara horizontal, sehingga panjang jaring dan kecepatan melingkarnya harus dipertimbangkan secara baik.
- 2). Memagari secara vertical dari permukaan sampai kedalaman tertentu, dimana ikan sulit keluar dari lingkaran jaring, sehingga lebar jaring dan kecepatan tenggelam jaring dan tali pemberat harus cukup (Fridman, 2010)
- 3). Mengurung dengan cepat untuk menutupi bagian bawah jaring, melalui penarikan tali kolor.

Untuk itu bagian bawah jaring harus berada lebih dalam dari pada kedalaman menyelam ikan.

Untuk mengoptimalkan operasi penangkapan kapal pukat cincin, maka kapal dilengkapi dengan sejumlah perlengkapan alat tangkap pukat cincin yang terdiri dari jaring kantong (bund), badan jaring (body), jaring sayap (wing), pelampung, tali temali, cincin dan pemberat (sinker).



Gambar 1. Pengoperasian Kapal Pukat Cincin

#### b. Parameter Desain Kapal Pukat Cincin

Untuk mengevaluasi dan menganalisis parameter desain kapal pukat cincin yang berpangkalan di PPI Eri kota madya ambon didasarkan pada standar nilai karakteristik teknis desain kapal yaitu nilai-nilai perbandingan ukuran utama kapal, dan nilai koefisien bentuk kapal. Nilai karakteristik desain kapal dihitung dengan menggunakan persamaan perhitungan teknik perkapalan (naval arsitecture).

Data kapal dianalisis dengan menggunakan nilai-nilai perbandingan ukuran utama kapal dan nilai koefisien bentuk lambung kapal.

- 1). Nilai Perbandingan ukuran utama kapal, menurut (Fyson, 1985), meliputi:

- Perbandingan antara panjang dan lebar (L/B), untuk mengetahui kecepatan dan olah

gerak kapal.

- Perbandingan antara panjang dan dalam (L/D), untuk mengetahui kekuatan memanjang kapal.
- Perbandingan lebar dan dalam kapal (B/D), untuk mengetahui stabilitas dan manover kapal.

Standard nilai untuk analisis karakteristik teknis desain nilai perbandingan untuk kapal pukat cincin di PPI desa Eri Kota Madya Ambon ditetapkan menurut FAO (1996), Fyson (1985), dan Ayodhya (1972). Nilai perbandingan kapal adalah sebagai berikut :

$$L/B = 3.10 - 4.30$$

$$B/D = 2.10 - 5.00$$

$$L/D = 9.50 - 11.00$$

- 2). Koefisien bentuk lambung kapal adalah nilai perbandingan bentuk lengkungan kapal terhadap bidang segi empat kapal. Koefisien tersebut menggambarkan tingkat kelangsingan bentuk lambung kapal. Untuk menganalisis nilai koefisien bentuk lambung kapal (CB, CW, CM, dan CP) digunakan persamaan menurut Nomura dan Yamazaki (1975) sebagai berikut:

- Koefisien Blok:  $CB = 1.08 - \frac{0.5 V}{\sqrt{L^{0.5}}}$
- Koefisien Garis Air:  $CW = CB + 0.1$
- Koefisien Gading Tengah:  $CM = 0.9 + 0.1 CB$
- Koefisien Prismatic:  $CP = CB/CM$

Dimana :

L = Panjang kapal (m)

B = Lebar kapal (m)

D = Dalam kapal (m)

d = Tinggi sarat air (m)

V = Kecepatan kapal (knot)

Standard nilai untuk analisa karakteristik koefisien bentuk lambung kapal pukat cincin ditetapkan menurut FAO (1996), Fyson (1985), Ayodhya (1972), dan Suzuki (1978) yaitu untuk nilai koefisien :

- CB = 0.40 – 0.68
- CW = 0.76 – 0.92
- CM = 0.91 – 0.95
- CP = 0.55 – 0.78

## 2. BAHAN DAN METODE (*Times New Roman, 11 pt, Bold*)

Penelitian dilakukan di Pulau Ambon pada kapal-kapal *pukat cincin* yang berpangkalan di PPI Eri. Peralatan dan obyek penelitian ini meliputi alat tulis menulis, meter, tali, komputer (*Microsoft office 2010*) dan kapal pukat cincin.

Data yang digunakan dalam penelitian ini mencakup data primer dan sekunder. Data primer terdiri dari data hasil pengukuran langsung pada kapal dengan mengukur ukuran pokok kapal. Data sekunder yaitu data penunjang yang dikumpulkan berdasarkan studi pustaka.

Pengukuran kapal untuk mendapatkan ukuran utama dan bentuk lambung kapal dibuat dalam tabel ordinat dengan program *Excel Microsoft Office 2010* untuk membuat gambar rencana garis kapal (*lines plan*), selanjutnya digambar dengan program *Auto Cad* versi *Classic 2010*.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pukat cincin (*purse seine*) yang dikenal masyarakat di Maluku dengan jaring bobo adalah kapal yang dalam operasinya menggunakan alat tangkap pukat cincin. Kapal yang menjadi obyek penelitian ini adalah kapal pukat cincin yang berpangkalan di PPI desa Eri Kota Madya Ambon. Kapal pukat cincin ini diklasifikasikan dalam kelompok alat tangkap yang dilingkarkan (*encircling gear*) karena alat tangkapnya bersifat aktif dan melingkari (Subroto, 2000).



**Tabel 1.** Karakteristik Parameter Kapal

No	Parameter Kapal Penelitian	
1	LOA (meter)	14
2	LBP (meter)	12.5
3	LWL (meter)	12.5
4	B (meter)	3
5	D (meter)	1.5
6	T (meter)	1
7	L/B	4.16
8	L/D	8.33
9	B/D	2
10	CB	0.56
11	CW	0.67
12	CM	0.95
13	CP	0.6

#### a. Perbandingan Ukuran Utama Kapal

Hasil perbandingan ukuran utama kapal memberikan nilai karakteristik teknis desain untuk mengevaluasi apakah kapal pukat cincin yang berpangkalan di PPI desa Eri Latuhalat kota madya Ambon dalam beroperasi di perairan pulau Ambon apakah layak atau tidak layak untuk dapat beroperasi serta dapat menjamin keselamatan kapal dan nelayan selama melaut.

Nilai besaran L/B kapal pukat cincin yang berpangkalan di PPI desa Eri Latuhalat yaitu 4.16 nilainya sesuai besaran nilai yang menjadi acuan. Untuk nilai perbandingan L/D yaitu 8.33 lebih kecil dari besaran nilai perbandingan yang menjadi acuan. Nilai perbandingan B/D yaitu 2.00 tidak termasuk dalam besaran nilai perbandingan karena lebih kecil dari standar nilai yang menjadi acuan.

Perbandingan L/B digunakan untuk menganalisa kecepatan dan olah gerak kapal (Fyson, 1985). Standard perbandingan L/B ditetapkan menurut FAO (1996) dengan nilai standar L/B = 3.10 – 4.30 mempunyai L/B rata rata = 3.8. Nilai perbandingan L/B kapal pukat cincin menurut Suzuki (1978) dan Ayohodya (1972) untuk kapal pukat cincin yang panjang lebih kecil dari 22 meter adalah 4.30 dan nilai L/B untuk kapal pukat cincin yang berpangkalan di Bitung menurut Saiye (1989) adalah 4.32. Dari hasil perhitungan nilai perbandingan L/B = 4.16. Nilai perbandingan L/B kapal ini memenuhi standar nilai dari FAO (1996), tetapi masih dibawah standar kapal pukat cincin di Jepang menurut Suzuki dan kapal pukat cincin yang terdapat di Bitung. Sehingga kapal yang berpangkalan di desa Eri, kecepatan dan manovernya lebih lambat tetapi stabilitasnya lebih baik jika dibandingkan dengan kapal pukat cincin di Jepang dan Bitung.

Perbandingan L/D digunakan untuk menganalisa kekuatan memanjang kapal, (Fyson, 1985 dan Ayodhyoa (1972). Semakin besar nilai perbandingan, maka akan mempengaruhi kekuatan memanjang kapal yang akan menjadi lebih lemah. Standar nilai perbandingan L/D ditetapkan menurut Ayodhyoa dan Suzuki (1978), dengan nilai perbandingan L/D = 9.5–11, dengan rata rata L/D = 10.25. Dari hasil perhitungan kapal pukat cincin yang berpangkalan di desa Eri kota madya Ambon, nilai perbandingann L/D = 8.33. Nilai perbandingan kapal ini lebih kecil 1.17 dari L/D standar, dan nilainya sama besar dengan kapal pukat cincin yang beroperasi di perairan Brondon Lamongan dengan L/D = 8.33, dan nilainya lebih kecil dari kapal pukat cincin yang berada di perairan Bitung yaitu L/D = 11,47 (Saiye, 1995).

Kapal pukat cincin dengan nilai perbandingan L/D lebih kecil dari standar memberikan nilai negatif yang melemahkan kekuatan memanjang kapal. Untuk meningkatkan nilai karakteristik teknis desain perbandingan L/D, maka panjang kapal harus ditambah sehingga meningkatkan kekuatan kapal menjadi lebih kuat. Kapal pukat cincin di PPI Eri Kota Madya Ambon, kekuatan memanjangnya kapalnya sama dengan kapal pukat cincin yang berada di perairan Brondon Lamongan, tetapi kekuatannya lebih lemah jika dibandingkan dengan kapal pukat cincin yang berada di perairan Bitung.

Nilai perbandingan lebar dan tinggi geladak kapal (B/D) digunakan untuk menganalisa stabilitas, kemampuan olah gerak dan manover kapal (Ayodhya, 1972).

Semakin besar nilai perbandingan B/D maka stabilitas meningkat akan tetapi tahanan kapalanya lebih besar. Standar nilai perbandingan B/D ditetapkan menurut jenis kapal ikan pukat cincin dengan nilai perbandingan untuk panjang kapal lebih kecil dari 22 meter nilai B/D = 2.10 – 5.00 (FAO, 1996) dengan rata-rata B/D = 3.0. Dari hasil perhitungan nilai perbandingan B/D untuk kapal pukat cincin yang berpangkalan di PPI desa Eri mempunyai nilai perbandingan B/D = 2.00, nilai ini lebih kecil dari nilai rata-rata B/D standar. Apabila dibandingkan dengan nilai B/D kapal-kapal pukat cincin yang berpangkalan diperairan Bitung dengan rasio B/D = 2.62 (Saiye, 1995) maka kapal pukat cincin di PPI desa Eri masih lebih kecil, menunjukkan tinggi sampai geladak kapalanya lebih besar sehingga turut mempengaruhi stabilitas dan manover kapal. Apabila dibandingkan nilai perbandingannya terlihat kapal pukat cincin di Bitung stabilitasnya lebih baik dan tahanan kapalanya lebih besar dibandingkan kapal pukat cincin yang berpangkalan di PPI desa Eri kota Madya Ambon. Untuk meningkatkan nilai perbandingan karakteristik desain B/D yang lebih kecil tersebut adalah dengan menambah lebar kapal sehingga stabilitas dan manovernya semakin baik.

#### **b. Koefisien Bentuk Kapal**

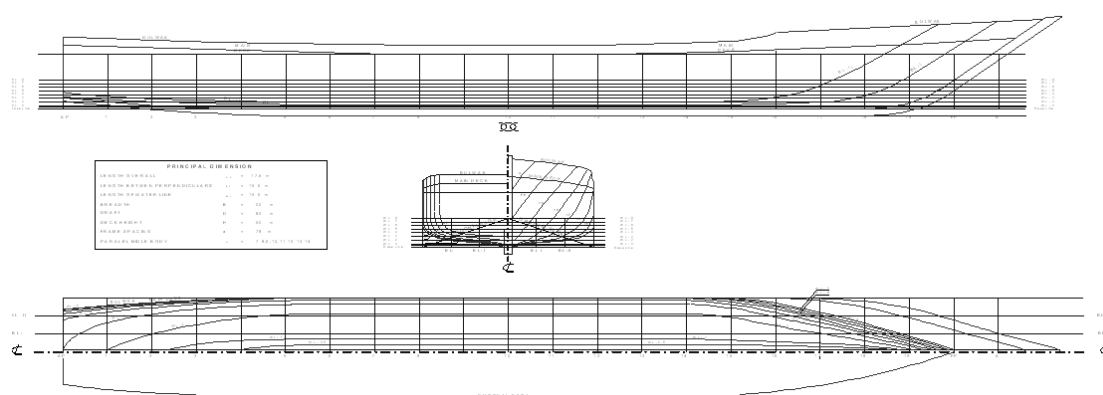
Koefisien kegemukkan kapal (*Coefficient of fineness*) adalah koefisien yang menggambarkan karakteristik bentuk lambung kapal. Parameter-parameter karakteristik teknis desain yang menggambarkan bentuk lambung kapal tersebut adalah koefisien blok (CB), koefisien garis air (CW), koefisien gading tengah (CM) dan koefisien prismatic (CP). Nilai koefisien bentuk lambung kapal cenderung bertambah sejalan dengan bertambahnya tinggi sarat air kapal dengan kisaran 0 – 1, apabila nilai koefisien bentuknya semakin mendekati 1 menunjukkan kapal semakin gemuk dan sebaliknya apabila nilai koefisiennya mendekati 0, menunjukkan bentuk lambung kapalanya semakin ramping, dan jika nilai koefisiennya sama dengan satu maka bentuk lambung kapalanya kotak atau segi empat. Nilai koefisien bentuk lambung kapal dipakai sebagai salah satu cara untuk menilai kelayakkan karakteristik parameter teknis desain kapal.

Koefisien blok (CB) adalah nilai perbandingan antara volume badan kapal yang berada dibawah permukaan air dengan volume balok yang dibentuk oleh panjang (P), lebar (B) dan dalam/tinggi kapal (D). Standar nilai Koefisien blok menurut Ayodhya (1972)  $CB = 0.57 - 0.68$ , menurut Nomura Yamazaki (1975), untuk kapal ikan  $CB = 0.4 - 0.6$  sehingga ditetapkan nilai standar  $CB = 0.4 - 0.68$  dengan nilai rata-rata  $CB = 0.54$ . Koefisien blok kapal pukat cincin yang berpangkalan di PPI desa Eri Kota Madya Ambon, lebih besar 2 % dari CB standar rata-rata. Nilai CB antara 0.56 menunjukkan 56 % dari volume kapal adalah dalam bentuk balok. Sehingga bentuk badan atau lambung kapal ini berbentuk langsing atau sedang. Bentuk lambung kapalanya kurang menguntungkan untuk stabilitas kapal, tetapi dalam beroperasi kapal mempunyai keuntungan karena tahanan air pada lambung kapal yang lebih kecil dan termasuk kapal dengan kecepatan yang normal. Untuk meningkatkan nilai karakteristik desain koefisien bentuk lambung CB yang lebih besar dari standar maka bentuk lambung bagian tengah keburitan harus diperkecil guna mengurangi tahanan kapal sehingga meningkatkan kecepatan kapal dan olah gerak kapal dalam melakukan operasional penangkapan nelayan dalam melaut.

Koefisien garis air (CW) adalah nilai perbandingan antara luas penampang garis air dengan luas penampang empat persegi panjang yang dibentuk oleh panjang dan lebar empat persegi panjang. Standar CW menurut Ayodhya (1972) dan Suzuki (1978) adalah 0.76 – 0.92. Dari hasil perhitungan koefisien garis air (CW) kapal pukat cincin yang berpangkalan di PPI desa Eri Kota Madya Ambon, mempunyai nilai  $CW = 0.67$ , sedangkan standar nilai CW rata-rata = 0.84. Dari nilai CW rata-rata ini, menunjukkan CW kapal penelitian lebih kecil dari CW standar yaitu 0.17 %. Nilai  $CW = 0.67$  menunjukkan luas bidang yang dibentuk oleh garis air adalah 67 % dari luas bidang garis air dalam bentuk empat persegi panjang. Maka dapat dikatakan luas bidang yang dibentuk oleh garis air pada kapal ini belum mendekati bentuk empat persegi sehingga kurang menguntungkan pada stabilitas kapal, karena memiliki tinggi sarat yang kecil

dan mempunyai volume cadangan lambung timbul yang besar. Tetapi koefisien garis air yang kecil memberikan nilai positif yang menguntungkan bagi kecepatan kapal karena mempunyai volume terendam kecil sehingga mengurangi tahanan kapal dalam beroperasi (Kantu, 2013). Nilai CW yang lebih kecil dari standar nilai rata-rata tidak menjamin keamanan dan keselamatan dalam eksplotasi kapal. Sehingga untuk meningkatkan operasional kapal dan menjamin keselamatan kapal dan nelayan selama melaut maka tinggi sarat kapal pada bidang garis air harus diperbesar yaitu dengan menambahkan beban untuk menaikkan titik berat kapal sehingga tinggi sarat kapal pada bidang garis air menjadi lebih besar dan dapat meningkatkan stabilitas kapal.

Koefisien penampang gading tengah (CM) adalah perbandingan antara luasan penampang gading tengah yang berada di bawah permukaan air dengan luas penampang segi empat yang dibentuk oleh L,B dan D. Koefisien nilai CM ini, sebagai dasar untuk menganalisa tingkat kegemukkan lambung kapal pada bagian tengah kapal. Standar nilai CM Ayodhya (1972) untuk kapal ikan jenis pukat cincin adalah 0.91 - 0.95. Hasil perhitungan dari kapal yang berpangkalan di PPI desa Eri Kota Madya Ambon, nilai CM = 0.95 sedangkan CM standar rata-rata adalah 0.93. Nilai CM = 0.95 menunjukkan luas penampang tengah kapal adalah 95% dari luas penampang melintang kapal dalam bentuk empat persegi. Maka dapat dikatakan luas bidang yang dibentuk oleh bidang gading pada tengah kapal mendekati bentuk persegi atau kotak, mempunyai karakteristik bentuk badanatau lambung kapal yang gemuk dengan volume ruang muat yang besar serta mempunyai stabilitas kapal yang baik tetapi memiliki tahanan kapal yang menghambat kecepatan kapal. Kapal yang berpangkalan di PPI desa Eri ini, mempunyai nilai CM lebih besar dari standar rata-rata. Sehingga untuk meningkatkan karakteristik teknis desainnya maka luas bagian tengah kapal ke haluan harus diperkecil untuk mengurangi tahanan air pada bagian haluan dan meningkatkan kecepatan kapal.



**Gambar 2.** Rencana Garis Kapal Pukat Cincin di PPI desa Eri Kota Madya Ambon

Koefisien bidang prismatic (CP) adalah perbandingan antara nilai volume displasemen kapal dengan volume yang dibentuk oleh luas penampang melintang tengah kapal dan panjang kapal pada garis air. Standar nilai CP menurut Ayodhya (1972) untuk kapal pukat cincin adalah 0.55 – 0.78. Hasil perhitungan dari kapal yang berpangkalan di PPI desa Eri Kota Madya Ambon, nilai CP = 0.60 sedangkan CP standar rata-rata adalah 0.715. Nilai CP = 0.60 menunjukkan volume displasemennya adalah 60 % dari volume kapal yang dibentuk oleh luas penampang melintang tengah kapal dan panjang kapal pada garis air. Nilai CP kapal yang lebih kecil menunjukkan penampang melintang kapal baik ke arah haluan maupun ke arah buritan lebih kecil. Kapal type ini memiliki kecenderungan penampang melintang pada bagian buritan lebih kecil dari penampang melintang tengah kapal, sedangkan pada bagian haluan kapal cenderung berbentuk lancip. Karakteristik kapal dengan nilai koefisien prismatic yang kecil pada bagian buritan sama dengan penampang melintang tengah kapal menunjukkan bentuk kapal yang lancip, memberikan tempat yang sempit diatas geladak dalam operasional

penangkapan baik pada saat *setting* maupun *hauling* dan mempunyai ruang muat yang kecil untuk menampung ikan hasil tangkapan serta mempunyai stabilitas yang kurang baik. Bagian haluan kapal yang cenderung berbentuk lancip menunjukkan karakteristik bentuk haluan yang dapat berfungsi maksimal dalam memecah gelombang untuk mengatasi hambatan atau tahanan sehingga kapal dapat bergerak dengan kecepatan maksimal dalam operasional penangkapan.

#### 4. KESIMPULAN

Parameter desain nilai perbandingan ukuran utama kapal L/B, L/D, B/D dan nilai koefisien bentuk kapal yang terdiri dari nilai koefisien blok (CB), Koefisien midship (CM), koefisien prismatic (CP), koefisien waterline (CW) dari kapal pukat cincin yang berpangkalan di PPI desa Eri Kota madya Ambon ini, secara umum tidak sesuai nilai standar rancang bangun perkapalan yang menjadi acuan, dimana rasio ukuran kapal 49% dan koefisien bentuk 30% diluar acuan. Sehingga kapal ini tidak aman untuk digunakan dalam mengoperasikan jaring lingkaran (pukat cincin).

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ayodhya (1972). *Fishing Boat Correspondence Course Center*. Fakultas Perikanan, IPB, Bogor
- Fyson, J. (1985). *Design of Small Fishing Vessels*.
- FAO United Nations. (1996). *Fishing New book Ltd. Englands*.
- Firdman, A. L. (2010). *Calculation Fishing Gear Design*. FAO United Nations. Fishing New Book Ltd Englands.
- Kantu, L. (2013). *Desain dan Parameter Hidrostatik Kasko Kapal Fibreglass Tipe Pukat Cincin 30GT di Galangan CV Bahari Nusantara Minahasa Sulawesi*. Jurnal Ilmu & Teknologi PerikananTangkap, Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Universitas Sam Ratulangi Manado, Volume 1 No 3.
- Komisi Nasional Keselamatan Transportasi (2011). *Kajian Analisa Trend Kecelakaan Transportasi*. KNKT, Jakarta.
- Nomura, M., & Yamazaki, T. (1977). *Fishing Techniques*. Japan International, Tokyo.
- Pasaribu, B.P. (1986). *Pengembangan Kapal Ikan di Indonesia Dalam Rangka Implementasi Wawasan Nusantara*. Prosiding. IPB. Bogor.
- Pangalila, (2007). *Studi Tentang Stabilitas Statis Kapal Ikan Tipe Lambut yang Berpangkalan di Tempat Pelelangan Ikan Aertembaga Kota Bitung Sulawesi Utara*. Tesis Program Pascasarjana Unsrat Manado.
- Saiye, Z. (1995). *Studi Tentang Beberapa Karakteristik Dinamis Kapal Pukat Cincin Di Kecamatan Bitung*. Jurnal Fakultas Perikanan Unsrat Manado.
- Suzuki, O. (1978). *Handbook For Fisheries Scientist and Tecnologist*. Training Dept. SEAFDEC Thailand
- Subroto, M. A. (2000). *Teknik Kapal Penangkap Ikan*. Depertemen P&K, Jakarta



## STUDI INVESTIGASI ANTROPOMETRI NELAYAN DUSUN ERIE DAN DUSUN SERI, KECAMATAN NUSANIWE, KOTA AMBON

**Ariviana Lientje Kakerissa\***

Program Studi Teknik Industri, Universitas Pattimura, Kota Ambon, Indonesia

\*E-mail korespondensi: [ariviana.kakerissa@fatek.unpatti.ac.id](mailto:ariviana.kakerissa@fatek.unpatti.ac.id)

### **ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk menemukan model ukuran dimensi tubuh nelayan di dusun Erie dan Serie, Kecamatan Nusaniwe, Kota Ambon guna pengembangan perancangan alat bantu tangkap dan fasilitas penangkapan lainnya. Data antropometri yang dihasilkan dapat digunakan sebagai referensi bagi pengembangan alat tangkap dan fasilitas penangkapan lainnya bagi nelayan di kedua dusun tersebut dan juga bagi nelayan di wilayah lain di Maluku, serta dapat juga digunakan untuk mendesain kebutuhan peralatan bantu bagi masyarakat pesisir pada umumnya. Hasil penelitian ini adalah adanya data antropometri nelayan sebanyak 36 dimensi tubuh nelayan yang dapat digunakan sebagai acuan dalam perancangan produk bagi nelayan karena penelitian ini juga menghasilkan persentil ukuran yang dapat dipakai sebagai acuan untuk kategori ukuran sebuah desain, yakni persentil 5%, 50% dan 95%. Dengan demikian, jika akan mendesain peralatan tangkap dan fasilitas perikanan lainnya yang termasuk kategori ruang haruslah menggunakan ukuran dimensi pada persentil 95%, sedangkan pada kategori jangkauan harus menggunakan ukuran dimensi pada persentil 5%.

**Kata Kunci:** antropometri, nelayan.

### **ABSTRACT**

This study aims to find a model for the dimensions of the fishermen's body dimensions in Erie and Serie Village, Nusaniwe District, Ambon City to develop the design of fishing aids and other catching facilities. The resulting anthropometric data can be used as a reference for the development of fishing gear and other fishing facilities for fishermen. in these two hamlets as well as for fishermen in other areas in Maluku, and can also be used to design the need for assistive equipment for coastal communities in general. The results of this study are the presence of fishermen's anthropometric data as many as 36 dimensions of the fishermen's body that can be used as a reference in product design for fishermen because this study also produces a size percentile that can be used as a reference for the size category of a design, namely the 5%, 50% and 95th percentiles. %. Thus, if you are going to design fishing gear and other fishery facilities that are included in the space category, you must use the dimensions at the 95% percentile, while those in the reach category must use the dimensions at the 5% percentile.

**Keywords:** anthropometry, fishermen

### **1. PENDAHULUAN**

Rata-rata masyarakat Maluku bermukim di wilayah pesisir dan berprofesi sebagai nelayan. Di Kecamatan Nusaniwe, Kota Ambon, terutama di Dusun Erie dan Seri, sebagian besar masyarakatnya berprofesi sebagai nelayan. Alat bantu tangkap dan fasilitas penangkapan ikan yang digunakan para nelayan adalah peralatan sederhana dan bersifat tradisional yang didesain tanpa menggunakan ukuran-ukuran yang valid sesuai karakteristik tubuh penggunanya dan hanya

berdasarkan perasaan atau perkiraan perancang saja dan menimbulkan beberapa keluhan bagi nelayan.

Berdasarkan penelitian pendahuluan yang telah dilakukan melalui observasi langsung di lapangan tentang aktivitas nelayan dan melalui wawancara dengan beberapa nelayan, terdapat beberapa keluhan antara lain: sakit pada lengan, bahu, punggung dan pinggang karena beban berat pada jaring. Selain itu, ada juga keluhan dan kendala lainnya pada fasilitas area kapal yang tidak nyaman, karena tidak sesuai dengan ukuran tubuh nelayan. Keluhan ini dapat berimbas pada menurunnya produktivitas nelayan dan dapat menyebabkan resiko pada keselamatan dan kecelakaan kerja, seperti terpeleket di deck kapal, jatuh saat pengoperasian alat tangkap ikan dan tenggelamnya kapal karena kelebihan muatan atau kesalahan saat olah gerak kapal. Semua peralatan dan fasilitas penangkapan yang saat ini digunakan dibuat secara umum tanpa mempertimbangkan karakteristik dan ukuran tubuh nelayan. Padahal semestinya setiap peralatan maupun fasilitas yang digunakan harus mempertimbangkan aspek ergonomis pemakai. Rancangan produk, peralatan kerja dan stasiun kerja harus sesuai dengan dimensi tubuh manusia sebagai pengguna. Ketidaksiharian hasil rancangan dengan dimensi tubuh manusia akan berdampak pada ketidaknyamanan dalam menggunakan rancangan tersebut sehingga akan menimbulkan kelelahan dini dan stres kerja. Jika hal ini berlangsung cukup lama akan menimbulkan kesalahan dalam melaksanakan kerja dan dampak yang lebih buruk lagi terjadinya kecelakaan kerja (Purnomo, 2013). Upaya yang dapat dilakukan salah satunya berupa penyesuaian ukuran tempat kerja dengan dimensi tubuh agar sesuai dengan kebutuhan tubuh manusia. Sebagian orang berpendapat bahwa kenyamanan kerja juga berpengaruh pada keselamatan kerja. Oleh karena itu, kenyamanan kerja selayaknya menjadi prioritas utama dalam rangka meningkatkan keselamatan kerja, khususnya pada kapal penangkapan ikan yang aktivitasnya berisiko tinggi.

Ukuran yang digunakan sebagai acuan sebuah desain stasiun kerja adalah ukuran dimensi tubuh masyarakat pada umumnya, tanpa memperhatikan karakteristik khusus masyarakat tertentu. Data antropometri masyarakat Indonesia sendiri belum ada yang benar-benar valid untuk dijadikan sebagai referensi bagi sebuah desain. Perbedaan suku, budaya dan ras di antara masyarakat di Indonesia cukup mempengaruhi ukuran dimensi tubuh.

Antropometri berasal dari "anthro" yang memiliki arti manusia dan "metri" yang memiliki arti ukuran. Menurut (Wignjosoebroto, 2008), antropometri adalah studi yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia. Bidang antropometri meliputi berbagai ukuran tubuh manusia seperti berat badan, posisi ketika berdiri, ketika merentangkan tangan, lingkar tubuh, panjang tungkai, dan sebagainya.

Data antropometri digunakan untuk berbagai keperluan, seperti perancangan stasiun kerja, fasilitas kerja, dan desain produk agar diperoleh ukuran-ukuran yang sesuai dan layak dengan dimensi anggota tubuh manusia yang akan menggunakannya.

Manusia memiliki berbagai ukuran tubuh manusia yang berbeda antara manusia yang satu dengan lainnya, seperti berat badan, ukuran tinggi tubuh ketika posisi berdiri, lingkar tubuh, serta posisi ketika merentangkan tangan, panjang tungkai, dan sebagainya. Data antropometri tersebut digunakan untuk berbagai keperluan, seperti perancangan stasiun kerja, fasilitas kerja, dan desain produk agar diperoleh ukuran-ukuran yang sesuai dan layak dengan dimensi anggota tubuh manusia yang akan menggunakannya.

Dengan tersedianya data antropometri tubuh manusia Indonesia, maka kita dapat mengetahui ukuran yang presisi dan akurat sesuai dengan ukuran dimensi tubuh manusia Indonesia, seperti ketika kita akan merancang stasiun kerja dan mendesain produk. Kita dapat mengetahui jarak yang sesuai dan ergonomis ketika terdapat interaksi antara operator dengan kursi, meja dan seperangkat komputer. Kita juga dapat mengetahui desain yang tepat dan ergonomis ketika membuat sebuah produk seperti kursi, meja, jok mobil, dan baju.

Sebagian besar data antropometri dinyatakan dalam bentuk persentil. Suatu populasi untuk kepentingan studi dibagi dalam seratus kategori prosentase, dimana nilai tersebut akan diurutkan dari terkecil hingga terbesar pada suatu ukuran tubuh tertentu.

Persentil menunjukkan suatu nilai prosentase tertentu dari orang yang memiliki ukuran pada atau di bawah nilai tersebut (Wignjosuebrot, 2008). Apabila dalam mendesain produk terdapat variasi untuk ukuran sebenarnya, maka seharusnya dapat merancang produk yang memiliki fleksibilitas dan sifat mampu menyesuaikan (*adjustable*) dengan suatu rentang tertentu (Wignjosuebrot, 2008). Oleh karena itu, untuk penetapan antropometri dapat menerapkan distribusi normal. Dalam statistik, distribusi normal dapat diformulasikan berdasarkan nilai rata-rata dan standar deviasi dari data yang ada dan digabungkan dengan nilai persentil yang telah ada.

Penelitian ini dilakukan untuk menemukan model ukuran dimensi tubuh masyarakat nelayan di kota Ambon. Penelitian ini juga dimaksudkan untuk menemukan data antropometri masyarakat nelayan di kota Ambon pada khususnya dan Maluku pada umumnya yang nantinya dapat digunakan sebagai referensi dalam mendesain alat bantu penangkapan serta fasilitas-fasilitas penangkapan lainnya yang sesuai dengan karakteristik dimensi tubuh nelayan di Maluku.

## 2. BAHAN DAN METODE

Alat-alat yang digunakan dalam pengukuran Antropometri adalah sebagai berikut: antropometer, campbell caliper 20, kursi antropometri, pita meteran, segmometer, dan timbangan. Ada sebanyak 36 dimensi antropometri tubuh yang dapat diukur, dapat dilihat pada tabel berikut ini.

**Tabel 1.** Dimensi Antropometri Tubuh

Lambang Dimensi Tubuh	Nama Dimensi	Lambang Dimensi Tubuh	Nama Dimensi
D1	Tinggi tubuh	D19	Lebar pinggul
D2	Tinggi mata	D20	Tebal dada
D3	Tinggi bahu	D21	Tebal perut
D4	Tinggi siku	D22	Panjang lengan atas
D5	Tinggi pinggul	D23	Panjang lengan bawah
D6	Tinggi tulang ruas	D24	Panjang rentang tangan ke depan
D7	Tinggi ujung jari	D25	Panjang bahu-genggaman tangan ke depan
D8	Tinggi dalam posisi duduk	D26	Panjang kepala
D9	Tinggi mata dalam posisi duduk	D27	Lebar kepala
D10	Tinggi bahu dalam posisi duduk	D28	Panjang tangan
D11	Tinggi siku dalam posisi duduk	D29	Lebar tangan
D12	Tebal paha	D30	Panjang kaki
D13	Panjang lutut	D31	Lebar kaki
D14	Panjang popliteal	D32	Panjang rentangan tangan ke samping
D15	Tinggi lutut	D33	Panjang rentangan siku
D16	Tinggi popliteal	D34	Tinggi genggaman tangan ke atas dalam posisi berdiri
D17	Lebar sisi bahu	D35	Tinggi genggaman ke atas dalam posisi duduk
D18	Lebar bahu bagian atas	D36	Panjang genggaman tangan ke depan

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran dimensi tubuh nelayan dengan berpedoman pada 36 Dimensi Antropometri (lambang D1 – D36) yang telah ditetapkan oleh Antropometri Indonesia. Pengukuran antropometri tubuh nelayan dilakukan menggunakan atas-alat pengukuran yang telah disebutkan di atas. Jumlah nelayan yang dijadikan sampel dan diukur dimensi tubuhnya adalah sebanyak 60 orang nelayan di dusun Erie dan 60 orang nelayan di dusun Seri, kecamatan Nusaniwe, kota Ambon.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### a. Nilai Rata-rata Data Antropometri

Berdasarkan hasil pengukuran dimensi tubuh nelayan yang telah diukur pada saat penelitian ini, maka nilai rata-rata antropometri dimensi tubuh nelayan dusun Erie dan dusun Seri, kecamatan Nusaniwe,



kota Ambon dapat dilihat pada Tabel 5.1. Dari tabel tersebut, ternyata ada perbedaan ukuran dimensi tubuh antara nelayan dusun Erie dan dusun Seri. Perbedaan yang sangat signifikan terdapat pada ukuran tinggi siku (D4) yaitu dengan selisih 18,66cm, tinggi pinggul (D5) 21,38cm, tinggi tulang ruas (D6) 24,58cm, lebar sisi bahu (D17) 21cm, panjang lengan atas (D22) 50,58, panjang lengan bawah (D23) 11,84cm, panjang bahu-genggaman tangan ke depan (D24) 13,12cm, lebar kepala (D27) 23,30cm, panjang tangan (D28) 50,33cm, panjang genggaman tangan ke depan (D36) 25,83cm.

Perbedaan ukuran dimensi tubuh ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor yang secara spesifik dapat diketahui melalui penelitian lebih lanjut. Namun hal terpenting yang dapat disimpulkan dari data ini adalah bahwa dalam perancangan alat tangkap dan fasilitas penangkapan lainnya, haruslah mempertimbangkan dimensi ukuran tersebut. Hal ini semata-mata hanya demi kenyamanan nelayan dalam melakukan aktivitasnya dan menghindari kecelakaan kerja.

**Tabel 2.** Nilai Rata-rata Data Antropometri Nelayan

Lambang Dimensi Tubuh	Nama Dimensi	Dusun Erie (Cm)	Dusun Seri (Cm)
D1	Tinggi tubuh	166,37	168,80
D2	Tinggi mata	157,18	150,96
D3	Tinggi bahu	136,28	130,98
D4	Tinggi siku	90,40	109,06
D5	Tinggi pinggul	84,43	105,81
D6	Tinggi tulang ruas	56,30	80,88
D7	Tinggi ujung jari	56,30	64,95
D8	Tinggi dalam posisi duduk	86,75	86,93
D9	Tinggi mata dalam posisi duduk	73,52	74,10
D10	Tinggi bahu dalam posisi duduk	57,47	55,00
D11	Tinggi siku dalam posisi duduk	23,67	28,13
D12	Tebal paha	48,36	47,05
D13	Panjang lutut	47,08	55,71
D14	Panjang popliteal	35,82	37,45
D15	Tinggi lutut	46,55	48,95
D16	Tinggi popliteal	36,55	36,43
D17	Lebar sisi bahu	42,83	63,83
D18	Lebar bahu bagian atas	34,25	42,80
D19	Lebar pinggul	42,23	43,76
D20	Tebal dada	20,96	31,43
D21	Tebal perut	23,08	28,30
D22	Panjang lengan atas	81,08	30,50
D23	Panjang lengan bawah	43,17	31,33
D24	Panjang rentang tangan ke depan	66,86	68,73
D25	Panjang bahu- genggaman tangan ke depan	58,86	71,98
D26	Panjang kepala	20,26	25,28
D27	Lebar kepala	15,60	38,90
D28	Panjang tangan	22,25	72,58
D29	Lebar tangan	9,55	13,90
D30	Panjang kaki	25,25	22,55
D31	Lebar kaki	12,38	7,55
D32	Panjang rentangan tangan ke samping	159,15	155,21
D33	Panjang rentangan siku	77,23	71,63
D34	Tinggi genggaman tangan ke atas dalam posisi berdiri	206,25	208,83
D35	Tinggi genggaman ke atas dalam posisi duduk	124,33	123,62
D36	Panjang genggaman tangan ke depan	58,50	84,33

#### **b. Nilai Rata-rata Persentil Data Antropometri**

Sebagian besar data antropometri dinyatakan dalam bentuk persentil. Suatu populasi untuk kepentingan studi dibagi dalam seratus kategori prosentase, dimana nilai tersebut akan diurutkan dari terkecil hingga terbesar pada suatu ukuran tubuh tertentu.

Persentil menunjukkan suatu nilai prosentase tertentu dari orang yang memiliki ukuran pada atau di bawah nilai tersebut (Wignjosoebroto, 2008). Apabila dalam mendesain produk terdapat variasi untuk ukuran sebenarnya, maka seharusnya dapat merancang produk yang memiliki fleksibilitas dan sifat mampu menyesuaikan (*adjustable*) dengan suatu rentang tertentu (Wignjosoebroto, 2008). Oleh karena itu, untuk penetapan antropometri dapat menerapkan distribusi normal. Dalam statistik, distribusi normal dapat diformulasikan berdasarkan nilai rata-rata dan standar deviasi dari data yang ada dan digabungkan dengan nilai persentil yang telah ada. Perhitungan persentil dalam penelitian ini menggunakan *software* SPSS. Ukuran persentil yang digunakan pada penelitian ini adalah 5% untuk ukuran persentil kecil, 50% untuk ukuran persentil rata-rata dan 95% untuk ukuran persentil besar. Hasil perhitungan persentil dimensi tubuh nelayan untuk dusun Erie dan dusun Seri, kecamatan Nusaniwe, kota Ambon dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 3.** Nilai Rata-rata Persentil Data Antropometri Nelayan

Lambang Dimensi Tubuh	Nama Dimensi	Dusun Erie			Dusun Seri		
		5%	50%	95%	5%	50%	95%
D1	Tinggi tubuh	161,05	166,00	171,00	163,00	167,00	170,00
D2	Tinggi mata	152,00	157,00	162,00	147,00	151,00	154,00
D3	Tinggi bahu	131,05	136,00	141,00	127,00	131,00	135,00
D4	Tinggi siku	100,05	105,00	110,00	105,00	109,00	113,00
D5	Tinggi pinggul	85,05	90,00	95,95	102,00	106,00	109,00
D6	Tinggi tulang ruas	81,05	85,50	91,00	77,00	81,00	84,00
D7	Tinggi ujung jari	52,00	55,00	61,00	61,00	65,00	68,95
D8	Tinggi dalam posisi duduk	83,00	85,50	92,00	83,00	85,00	92,00
D9	Tinggi mata dalam posisi duduk	70,00	73,00	75,95	71,00	72,00	78,00
D10	Tinggi bahu dalam posisi duduk	54,00	57,00	61,00	26,00	59,00	61,00
D11	Tinggi siku dalam posisi duduk	21,00	23,00	27,00	23,00	25,00	57,00
D12	Tebal paha	42,00	48,00	56,00	45,00	46,00	58,00
D13	Panjang lutut	43,00	47,00	50,00	52,00	55,00	59,00
D14	Panjang popliteal	31,00	35,00	42,00	32,00	36,00	42,95
D15	Tinggi lutut	43,00	47,00	51,00	42,00	48,00	51,00
D16	Tinggi popliteal	33,00	37,00	41,00	33,00	37,00	40,95
D17	Lebar sisi bahu	35,05	42,50	48,00	45,80	64,00	68,00
D18	Lebar bahu bagian atas	32,00	34,00	37,00	39,00	43,00	46,00
D19	Lebar pinggul	40,00	41,50	46,00	40,00	45,00	47,95
D20	Tebal dada	17,00	22,00	24,00	22,00	31,00	42,00
D21	Tebal perut	18,00	23,00	29,00	20,05	28,00	32,95
D22	Panjang lengan atas	48,00	51,00	54,95	27,00	31,00	34,00
D23	Panjang lengan bawah	40,00	42,00	47,00	28,00	32,00	34,00
D24	Panjang rentang tangan ke depan	63,00	67,00	69,00	66,00	68,00	71,00
D25	Panjang bahu-genggaman tangan ke depan	55,00	59,00	61,00	65,00	71,00	82,00
D26	Panjang kepala	17,00	20,00	23,00	21,00	25,00	45,60
D27	Lebar kepala	14,00	16,00	17,00	19,00	56,00	56,00
D28	Panjang tangan	20,00	23,00	24,00	56,75	71,00	76,00
D29	Lebar tangan	9,00	9,00	11,00	11,00	12,00	12,00
D30	Panjang kaki	24,00	24,00	29,95	20,00	22,00	25,95
D31	Lebar kaki	11,00	12,00	14,00	6,00	7,50	9,00
D32	Panjang rentangan tangan ke samping	154,00	160,00	163,00	143,35	155,00	167,00
D33	Panjang rentangan siku	76,00	76,00	81,99	67,00	71,00	78,00
D34	Tinggi genggaman tangan ke atas dalam posisi berdiri	201,05	205,50	211,00	126,45	213,00	215,95
D35	Tinggi genggaman ke atas dalam posisi duduk	118,00	124,00	130,00	121,05	124,00	125,10
D36	Panjang genggaman tangan ke depan	51,15	59,00	61,00	74,00	77,00	78,00

Tabel di atas memperlihatkan batasan ukuran dimensi tubuh yang dapat dijadikan sebagai acuan dalam mendesain peralatan tangkap dan fasilitas perikanan lainnya. Penggunaan persentil dalam perhitungan disesuaikan dengan kategorinya. Dimensi ruang menggunakan persentil besar sedangkan dimensi jangkauan menggunakan persentil kecil (Purnomo, 2013). Dengan demikian,

jika akan mendesaian peralatan tangkap dan fasilitas perikanan lainnya yang termasuk kategori ruang haruslah menggunakan ukuran dimensi pada persentil 95%, sedangkan pada kategori jangkauan harus menggunakan ukuran dimensi pada persentil 5%.

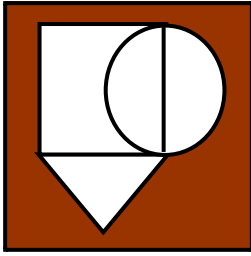
#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan temuan studi, hasil analisis, dan pemodelan, maka dapat disimpulkan bahwa model ukuran dimensi tubuh nelayan di dusun Erie dan dusun Seri, Kecamatan Nusaniwe, Kota Ambon memiliki perbedaan ukuran pada beberapa dimensi. Pada jangka panjang, model yang dihasilkan dengan persentilnya dapat digunakan sebagai referensi bagi pengembangan alat tangkap dan fasilitas penangkapan lainnya bagi nelayan di Kota Ambon khususnya, dan di Maluku pada umumnya.

Data antropometri masyarakat nelayan dapat juga digunakan untuk mendesain kebutuhan peralatan bantu bagi masyarakat pesisir pada umumnya, sehingga dapat dijadikan sebagai referensi bagi pengembangan peralatan dan stasiun kerja masyarakat pesisir di wilayah Maluku.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, D. A., & Bati, N. C. (2016). *Analisa Postur Kerja Dengan Nordic Body Map & Reba Pada Teknisi Painting Di PT. Jakarta Teknologi Utama Motor Pekanbaru*. 7(1).
- Basya Irham Fanani, Boesono Herry & Hapsari Trisnani Dwi (2017), *Aspek Ergonomi Pada Aktivitas Penangkapan Ikan Kapal Pancing Ulur Di Ppn Prigi Trenggalek*, Jurnal Perikanan Tangkap : *Indonesian Journal of Capture Fisheries* Vol. 1 No. 02, Semarang.
- Cahyadi R & Suwandi A, (2017)., *Perancangan Alat Bantu Penangkap Ikan (Fishing Deck Machinery) Untuk Peningkatan Produktifitas Nelayan.*, Prosiding Seminar Nasional dan Teknologi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah, Jakarta.
- Kroemer, K. H. E. (2001). *Engineering Anthropometry. Dalam Karwoski, W. S. Marras. (Ed.) , Occupational Ergonomics: Pterperinciples of Work design*. USA: CRC Press.
- Pulat, B. Mustafa. (1992), *Fundamental of Industrial Ergonomics*, AT&T Network Systems, Oklahoma City Works and School of Industrial Engineering, University of Oklahoma.
- Purnomo Hari (2013), *Antropometri dan Aplikasinya*, Edisi Pertama, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Di Provinsi Sumatera Selatan*, Jurnal Saintek Perikanan Vol. 6, No. 1, 2010, 8-21.
- Tahapary Jacomina & Amir Syamsul Marlin (2014), *Kegiatan Penangkapan Ikan Di Pesisir Barat Selatan Pulau Kei Kecil, Kepulauan Kei, Maluku Tenggara*, Jurnal Galang Tropika Vol. 3 No.3 , ISSN: 2302-4187, hal. 127-131.
- Tarwaka, dkk, (2004). *Ergonomi Untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktifitas*. Penerbit Uniba Press, Surakarta.
- Tarwaka, (2011). *Ergonomi Industri Dasar-dasar Pengetahuan Ergonomi dan Aplikasi di Tempat Kerja*. Surakarta : Harapan Press.
- Weri Michael Natanael & Sucahyo, (2017), *Keterkaitan Alat Tangkap Ikan dengan Jenis Ikan yang didapatkan di Rawa Pening*, Jurnal Bioedukasi Vol. 10 No. 2, Hal 35-43, UNS, Solo.
- Wijaya, K. (2019). *Identifikasi Risiko Ergonomi Dengan Metode Nordic Body Map Terhadap Pekerja Konveksi Sablon Baju. Seminar Dan Konferensi Nasional IDEC*, 2-3.
- Wijaya M. Angga, Haulian Siboro Benedikta Anna & Purbasari Anissa (2016)., *Analisa Perbandingan Antropometri Bentuk Tubuh Mahasiswa Pekerja Galangan Kapal Dan Mahasiswa Pekerja Elektronika*, Jurnal Profisiensi Vol. 4 No. 2, halaman 108- 117, Batam.
- Wignjosobroto, Sritomo. (2008). *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu*. Guna Widya. Surabaya.



# ARIKA

Media Ilmuan dan Praktisi Teknik Industri

## Petunjuk Penulisan

Artikel dikirim secara elektronik, dengan:

- Menggunakan MS Word, spasi tunggal, Times New Roman 11 pt;
- Menggunakan bahasa Indonesia atau Inggris A.S.;
- menggunakan sistem metrik;
- Hindari penggunaan catatan kaki; semua harus dimasukkan ke dalam teks.

Naskah harus diatur dalam urutan berikut:

**JUDUL/ TITLE**

**NAMA PENULIS/ AUTHOR(s)**

**ABSTRAK/ ABSTRACT**

**KATA KUNCI/ KEYWORD(s)**

**1. PENDAHULUAN/ INTRODUCTION**

**2. BAHAN DAN METODE/ MATERIAL AND METHOD**

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN/ RESULT AND DISCUSSION**

**4. KESIMPULAN/ CONCLUSION**

**UCAPAN TERIMA KASIH/ ACKNOWLEDGMENT**

**DAFTAR PUSTAKA/ REFERENCE**

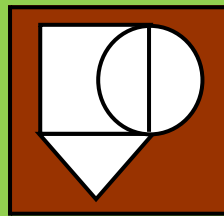
Gunakan model American Psychological Association (APA) edisi 6 atau 7. Gunakan [Mendeley](#) atau [Zotero](#) untuk memudahkan.

### Petunjuk untuk Online Submission

Penulis harus melakukan registrasi pada <https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/arika/about/submissions>. Penulis harus melengkapi semua isian yang dibutuhkan. Setelahnya Penulis mengklik tombol "Register". Selanjutnya, Penulis akan diarahkan pada *online submission interface* dimana Penulis harus mengklik "New Submission". Berikut lima langkah *submission process* yang harus dilakukan:

- Tahap 1 - Starting the Submission:** Penulis harus mencentang semua persyaratan *submission checklists*. Penulis harus mengetik atau copy-paste *Cover Letter* pada bagian "*Comments for the Editor*".
- Tahap 2 – Uploading the Submission:** Untuk mengunggah artikel, penulis dapat mengklik pada *Upload submission file* dan pilih file artikel (.doc/.docx), kemudian klik "Upload".
- Tahap 3 – Entering Submission's Metadata:** Pada tahap ini, semua detail Penulis harus dimasukkan, termasuk menandai *corresponding author*. Setelahnya, Judul Artikel, Abstrak serta keyword harus dimasukkan dengan cara *copy-paste* pada kotak yang tersedia.
- Tahap 4 – Uploading Supplementary Files:** *Supplementary files* dapat diunggah, termasuk *Submission Letter*.
- Tahap 5 – Confirming the Submission:** Penulis melakukan pengecekan terakhir terhadap semua kelengkapan artikel yang diunggah. Jika sudah lengkap, klik "*Finish Submission*". *Corresponding author* atau kontak prinsipal akan menerima email penerimaan artikel. Proses selanjutnya dapat dilihat pada laman jurnal.

Jika Penulis mendapat masalah dalam proses *submission*, silahkan menghubungi kantor editor melalui email berikut: [arika@fatek.unpatti.ac.id](mailto:arika@fatek.unpatti.ac.id) atau [arika.unpatti@gmail.com](mailto:arika.unpatti@gmail.com).



# ARIKA

Program Studi Teknik Industri  
Fakultas Teknik Universitas Pattimura  
Jl. Ir. M. Putuhena, Kampus Poka – Ambon  
e-mail: [arika@fatek.unpatti.ac.id](mailto:arika@fatek.unpatti.ac.id)  
Website: <https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/arika>

