

PROGRAM STUDI BUDIDAYA PERIKANAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIV. MUHAMMADIYAH GRESIK

JURNAL PERIKANAN PANTURA

VOL 6 NO 1 (2023)

Edisi Maret 2023

Fokus Jurnal

JPP (Jurnal Perikanan pantura) dipublikasi oleh Universitas Muhammadiyah Gresik, Indonesia. Jurnal ini berfokus pada penelitian dan pengembangan perikanan, budidaya akuatik, manajemen air, pengembangan akuakultur secara berkelanjutan, teknologi akuakultur, bioteknologi, serta sosio-ekonomi perikanan yang berkelanjutan.

Korespondensi

Alamat : Jurnal Perikanan Pantura. Program Studi Budidaya Perikanan
Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Gresik. Jl. Raya
Sumatera No. 101 Randuagung, Kebomas, Gresik – Jawa Timur.
Indonesia

Web : <http://journal.umg.ac.id/index.php/jpp/Home>

Email : akuakultur@umg.ac.id

DAFTAR ISI

- 246-260** GENOTOXIC EFFECT ON HEMATOLOGICAL AND MICRONUCLEUS ALTERATION OF COMMON CARP (*Cyprinus carpio* L.) EXPOSED TO GLYPHOSATE-BASED HERBICIDE
EFEK GENOTOKSIK TERHADAP PERUBAHAN HEMATOLOGI DAN MIKRONUKLEUS IKAN MAS (*Cyprinus carpio* L.) YANG DIPAPAR HERBISIDA BERBASIS GLIFOSAT
R Adharyan Islamy, Abdul Rahem Faqih, Yuni Kilawati, Yunita Maimunah, Mohamad Fadjar, Veryl Hasan, Wahyu Isoni, Novalina Serdiati, Ayu Winna Ramadhani, Diana Aisyah
- 261-268** PENINGKATAN PIGMEN WARNA DAN PERTUMBUHAN IKAN KOI (*Cyprinus carpio*) MELALUI PENGKAYAAN SUMBER KAROTENOID TEPUNG SPIRULINA
Putri Nurhanida Rizky, Atika Marisa Halim, Nasuki, M. Alfian Nur Rohman
- 269-280** KAJIAN TEKNIS BUDIDAYA IKAN KAKAP PUTIH (*Lates calcarifer*) DI BALAI PERIKANAN BUDIDAYA AIR PAYAU (BPBAP) SITUBONDO, KABUPATEN SITUBONDO, JAWA TIMUR
Endang Puji Astutil, Qurrota A'yun, Arida Vitasari, Putri Desi Wulan Sari
- 281-293** ANALISIS PERTUMBUHAN DAN KEPADATAN KERANG HIJAU (*Perna viridis*) PADA TALI GANTUNG KARAMBA APUNG KERANG HIJAU (KAKH) DI LAUT BANYUURIP KECAMATAN UJUNG PANGKAH KABUPATEN GRESIK
Qonita Yasmin Firdaus, Farikhah, Nur Maulida Safitri
- 294-304** PENGARUH IMUNOMODULASI DARI EKSTRAK *CAULERPA LENTILLIFERA* PADA PROFIL HEMATOLOGI BALB/c

Renanda Baghaz Dzulhamdhani Surya Putra^{1*}, Ayu Winna Ramadhani¹, Asus Maizar Suryanto Hertika

305-314 SIMULASI ANALISIS KELAYAKAN USAHA BUDIDAYA IKAN BANDENG (*Chanos chanos*) KUARTAL PERTAMA TAHUN 2022
Muh. Sulaiman Dadiono, Rudy Wijaya, Rima Oktavia Kusuma, Aminin

315-332 KEPADATAN, KARAKTER MORFOLOGI, DAN PERTUMBUHAN LAMUN *Cymodocea rotundata* DI PANTAI YANKARWAR, MANOKWARI, PAPUA BARAT: APAKAH ADA PERBEDAAN DI ANTARA ZONA INTERTIDAL?
Paskalina T. Lefaan, Moses Peday, Bernadus Duwit, Daud Orisu, Satriano N. Yoku, Yunus Baab, Abraham William Manumpil, Zulfikar Mardiyadi, Emmanuel Manangkalangi, Luky Sembel

**GENOTOXIC EFFECT ON HEMATOLOGICAL AND
MICRONUCLEUS ALTERATION OF COMMON CARP
(*Cyprinus carpio* L.) EXPOSED TO GLYPHOSATE-BASED
HERBICIDE**

**EFEK GENOTOKSIK TERHADAP PERUBAHAN
HEMATOLOGI DAN MIKRONUKLEUS IKAN MAS (*Cyprinus
carpio* L.) YANG DIPAPAR HERBISIDA BERBASIS
GLIFOSAT**

**R Adharyan Islamy^{1*}, Abdul Rahem Faqih¹, Yuni Kilawati², Yunita
Maimunah¹, Mohamad Fadjar¹, Veryl Hasan³, Wahyu Isoni³, Novalina
Serdiati⁴, Ayu Winna Ramadhani¹, Diana Aisyah¹.**

¹Departement of Aquaculture, Faculty of Fisheries and Marine Science, Brawijaya University. Jl. Veteran No.16, Malang 65145, East Java, Indonesia

²Departement of Water Resources Management, Faculty of Fisheries and Marine Science, Brawijaya University. Jl. Veteran No.16, Malang 65145, East Java, Indonesia

³Department of Fish Health Management and Aquaculture, Faculty of Fisheries and Marine Science, Airlangga Univeristy. Kampus C Unair, Jl. Mulyosari, Surabaya 60113, East Java, Indonesia.

⁴Aquaculture Study Program, Department of Fisheries and Maritime Affairs, Faculty of Animal Husbandry and Fisheries, Tadulako University, Jl. Soekarno Hatta, Palu – Central Sulawesi 94118

*Email : r.adharyan@ub.c.id

ABSTRACT

*This study aims to analyze the genotoxic potential of a glyphosate-based herbicide on common carp (*Cyprinus carpio* L) using Micronucleus and hematological assay. The concentration of Glyphosate-based herbicide in this study was 0 ppm, 1.35 ppm, 1.8 ppm, 2.4 ppm, 3.2 ppm, 4.2 ppm, 6.5 ppm, and 8.7 ppm. Administration of herbicide based on a modification of published methods with 96 hours of exposure. This research result has shown that the average number of micronuclei was increased simultaneously with increasing the concentration of herbicide exposure. There are also other types of cell nucleus abnormalities, namely: blebbed, lobed, notched, and binuclear. In the treatment of 0 ppm of herbicide shown blebbed nuclei are 8 ‰, lobed nuclei are 6.6 ‰, notched nuclei are 10 ‰, and binuclei are 4 ‰. From the research results, it can be concluded that the LC₅₀₋₉₆ hours exposure of the glyphosate-based herbicide in carp (*Cyprinus carpio* L.) was obtained at a concentration of 8.57 ppm. Based on the evaluation of hematology, it was found that there was a decrease in the number of erythrocytes, hematocrit, and hemoglobin in fish blood, whereas the number of leukocytes, micronuclei, and other abnormal micronuclei showed an*

increase along with the increase in the dose of exposure to the glyphosate-based herbicide, which indicates a genotoxic effect.

Keywords: *Common carp, Genotoxic, Herbicide, Poisonous, Water quality*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menganalisis potensi genotoksik herbisida berbahan dasar glifosat pada ikan mas (*Cyprinus carpio* L) dengan menggunakan Micronucleus dan uji hematologi. Konsentrasi herbisida berbahan dasar glifosat pada penelitian ini adalah 0 ppm, 1,35 ppm, 1,8 ppm, 2,4 ppm, 3,2 ppm, 4,2 ppm, 6,5 ppm, dan 8,7 ppm. Pemberian herbisida berdasarkan modifikasi metode yang dipublikasikan dengan paparan 96 jam. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa rata-rata jumlah mikronuklei meningkat bersamaan dengan peningkatan konsentrasi pemaparan herbisida. Ada juga jenis kelainan inti sel lainnya, yaitu: blebbed, lobed, notched, dan binuclear. Pada perlakuan herbisida 0 ppm ditunjukkan nuklei yang melepuh adalah 8 ‰, nuklei bercuping adalah 6,6 ‰, nuklei berlekuk adalah 10 ‰, nukleus binuklei adalah 4 ‰. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa paparan herbisida berbahan dasar glifosat LC₅₀₋₉₆ jam pada ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) diperoleh pada konsentrasi 8,57 ppm. Berdasarkan evaluasi hematologi ditemukan adanya penurunan jumlah eritrosit, hematokrit, dan hemoglobin darah ikan, sedangkan jumlah leukosit, mikronuklei, dan mikronuklei abnormal lainnya menunjukkan peningkatan seiring dengan peningkatan dosis paparan herbisida isopropilamin glifosat, yang menunjukkan efek genotoksik.

Kata Kunci: Genotoksik, Herbisida, Ikan mas, Kualitas air, Racun.

INTRODUCTION

Farmers widely use herbicides to control weeds that are specific to plants (Solomon et al., 2013). However, the herbicide has a poisonous substance that can affect plant weeds and non-target organisms in specific concentrations (Islamy et al., 2017). On another side, the particular herbicide concentration can cause acute poisoning, even death in fish (Li et al., 2008). A study reported that methomyl pesticide causes a genotoxic effect on fish (Islamy et al., 2017; Naqvi et al., 2016; Kilawati et al., 2019).

The toxicity test is most often used to determine the toxicity of a pollutant to living things. The use of test animals for acute toxicity testing is one of the many forms of aquatic toxicology research that is useful for determining the content of toxic effluent compounds or receiving water bodies in concentrations that can cause acute toxicity (Esmiralda 2010). Generally, the measured parameter is the death of a test animal. The test results will later be expressed as a concentration that can give a 50% impact on mortality in test animals (LC₅₀₋₉₆) in a relatively short time of one to four days.

Generally, toxicity tests use animals with high sensitivity to environmental changes, such as common carp (*C. carpio* L.) (Syahrial et al., 2013). Fish is a

common aquatic animal that provides an excellent model for monitoring pesticide toxicity in aquatic systems. They are susceptible to pollutants, can metabolize xenobiotics, and exhibit a very high bioaccumulation rate of dissolved chemicals relative to their concentration. Teleost fish are good test animals to evaluate the toxicity and effects of contaminants in animals (Modesto and Martinez 2010). Moreover, hematology can also use as an indicator for the evaluation and assessment of cellular deviation and other genetic damage in fish caused by pesticide exposure (Islamy et al., 2017). This study aims to evaluate a lethal concentration of isopropylamine glyphosate herbicide and its impact on some hematological parameters of common carp. Genotoxicity is a chemical agent that damages the chemical and genetic info among cells inflicting mutations, resulting in cancer. Genotoxic agents will produce a deleterious effect on DNA and other cellular targets that control genetic material integrity (Lopez et al., 2012).

Moreover, fish can also be used for assessing genotoxic contaminants present in aquatic (Al-Sabti and Metcalfe 1995; Da Rocha et al., 2011; Fazio et al., 2013a; Fazio et al., 2013b). Examples of fish that can be sacrificed to assay a substance's toxicity are Cyprinidae (Valen et al 2022); and Chichlidae (Serdiati, 2022; Widodo et al., 2022). Also, phytoplankton can be used as a natural bioindicator of pesticide pollution in the environment (Soraya & Islamy, 2022). However, some fish with high adaptabilities, such as predatory fish *Arapaima* (Fadjar et al., 2019), Giant Snakehead (Pratama et al., 2019), and Aligator gar (Hasan et al., 2020) are not recommended to be candidates for environmental pollution bio-indicator agents because they are less sensitive to environmental changes. This study aims to analyze the genotoxic potential of a glyphosate-based herbicide on common carp (*Cyprinus carpio* L) using a micronucleus assay.

MATERIAL AND METHODS

Animal Preparation

Isopropylamine glyphosate herbicide was purchased from the agriculture market in Batu, East Java, Indonesia. Common carp (9 - 12 cm) were purchased from the Freshwater Laboratory of Sumberpasir, Malang, East Java. Genotoxicity tests and micronucleus assay were conducted at the Fish Cultivation Laboratory, Division of Parasites and Fish Health, Faculty of Fisheries and Marine Sciences, Brawijaya University.

The fish's acclimatization was carried out by holding them in a tank and feeding them with commercial feed once per day. After 14 day holding period, fishes were classified into 6 groups of 10 fishes, then transferred and acclimatized into the aquarium with an aeration system (size 60x30x25cm) for 2 days. If less than 3% of the fish population was dead during 48 hours, it means the Carp population treatment will be considered worthy of testing. But if over 3% of the fish population were dead, the fish should be replaced with the new fish from the holding tank and then reacclimatized for 2 days.

Toxicity Test

Treatment Research phase 1: Prepare the aquarium (60x30x30cm) labeled for control (without treatment) and test (three replications each), then refill with fresh water. Acclimated fish are then transferred into the prepared aquarium, ten fishes each. Dissolve Isopropylamine glyphosate herbicide that has been measured into each aquarium. The Isopropylamine glyphosate herbicide concentration in this study was 0 ppm, 1.35 ppm, 1.8 ppm, 2.4 ppm, 3.2 ppm, 4.2 ppm, 6.5 ppm, and 8.7 ppm. The administration of herbicide was carried out using a modified method based on published articles (Islamy et al., 2017) with 96 hours of exposure.

Critical Range Test

This test was conducted to determine the upper range (N) and the bottom range (n) of the fish test pesticide. According to Guthrie and Perry's method, this section was conducted for 96 hours by observing the fish test mortality level—the used concentration of pesticide (1980).

Definitive Test

A definitive test was carried out to determine the pesticide concentration that causes 50% mortality of the fish population (LC50). Based on the critical range test, the pesticide concentration was 0 ppm, 3.2 ppm, 4.2 ppm, 6.5 ppm, 8.7 ppm dan 10 ppm. The concentration was modified from the progressive concentration table of Bowman dan Rand (1980) with 96 hours of exposure.

Micronucleus assay

After 96 hours of exposure to isopropylamine glyphosate herbicide, erythrocyte blood from each fish group was sampled and smeared on clean microscope slides. After fixation in absolute methanol for about 20 min, the slides were air-dried and stained with 10% of Giemsa for about 25 minutes and then observed. Coding using a microscope (Olympus CX21) with 400x magnification to determine the frequency of micronucleus cells and another different pattern of morphologically altered erythrocytes and then counted as cells per 1000 (‰) (Güner and Muranlı 2011). The micronucleus frequency is then counted based on the published formulation below (Betancur et al., 2011).

$$\text{Nucleus Abnormal Cell Frequency (‰)} = \frac{\text{Cell Abnormal} \times (1000)}{\text{Total Cell Counted}}$$

Hematological analysis

Erythrocyte

Blood that has been given an anticoagulant is sucked with a hemocytometer pipette (there is a red grain for erythrocytes) up to 0.5 marks. The

hayem solution (for erythrocytes) is sucked up to the 101 marks. For the blood to be evenly mixed, the pipette is shaken to form a figure of eight for 3-5 minutes. After that, two drops of blood are discarded to remove the air cavity. Then the blood is dripped on a hemocytometer and covered with a glass cover. The number of erythrocyte cells is observed using a microscope on 5 small boxes on the hemocytometer. then determined the amount using the formula from an article that has been published (Kumala, 2016).

$$\text{Number of erythrocytes} = \Sigma N \times 10^4 \text{ cells / mm}^3$$

Where: N = number of erythrocytes counted in 5 fields of view 10^4 = dilution factor

Hematocrit

The blood sample is inserted into the hematocrit capillary tube to approximately 4/5 of the tube, the test portion of the revealer is closed with a special cover, or by using a crystal, the capillaries are placed in a centrifuge (microhematocrit centrifuge). Then the microhematocrit tube was centrifuged for 5 minutes at a speed of 3000 rpm with the same volume tube facing each other so that the centrifuge rotation was balanced. After that, the percentage of the hematocrit value was measured. The hematocrit value is expressed as% the volume of blood cells (Dosim et al., 2013). Then the obtained hematocrit value is read on a special reading tool (microhematocrit reader)

Hemoglobin

The procedure for calculating the hemoglobin level is carried out by referring to the Sahli method. First, the sample blood is sucked using a Sahlih pipette up to a scale of 20 mm³ or on a scale of 0.2 ml. Then the tip of the pipette is cleaned with tissue paper. Then, the blood in the pipette was transferred to a Hb-meter tube filled with 0.1 N HCl up to a scale of 10 (red). After that, the blood is then stirred with a stirring rod for 3 to 5 minutes. After that, distilled water was added to the tube until the blood's color became the same as the color of the standard solution in the Hb-meter. The hemoglobin level is expressed in g%.

Leucocyte

The procedure for calculating the number of leukocytes was measured according to Blaxhall and Daisley (1973). First, the sample blood was sucked with a pipette containing a stirring white grain up to a scale of 0.5. Then, add Turk's solution to a scale of 11. The pipette is swung in a number 8 (the same as stirring for red blood cell count) for 3-5 minutes so that the blood is evenly mixed. After that, the first two drops of the blood solution from the pipette are discarded, then the solution is dropped on a hemocytometer, after which it is closed with a closing

glass. The liquid will fill the counting space capillary. The total number of white blood cells or leukocytes is calculated with a microscope's aid with a magnification of 400x. The total number of leukocytes is calculated by counting the cells contained in 4 small squares, and the number is calculated according to the formula:

$$\text{Number of Leukocyte} = \Sigma N \times 10^4 \text{ cells / mm}^3$$

Where: N = number of erythrocytes counted in 5 fields of view 10^4 = dilution factor

RESULTS AND DISCUSSION

Results

Micronuclei are one form of cell nucleus abnormalities that is used as one of the parameters that indicate the result of the entry of pollutants into the organism's body. The average micronuclei in carp (*Cyprinus carpio* L.) exposed to isopropylamine glyphosate herbicide were presented in Figure 1 and other cell nucleus abnormalities was existed in Figure 2.

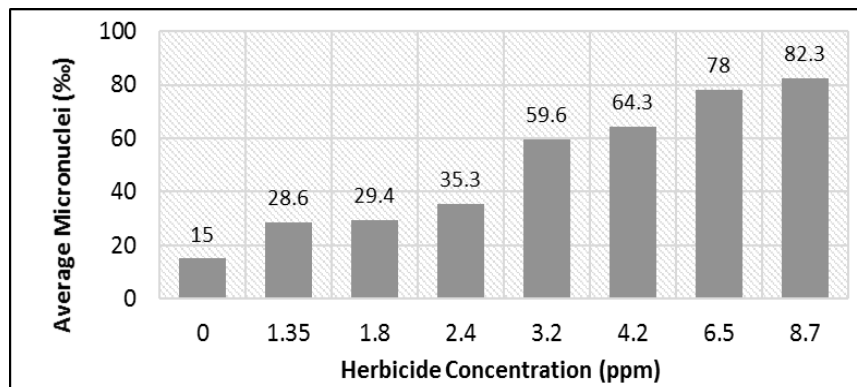


Figure 1. The average micronuclei in common carp (*Cyprinus carpio* L.) during the research

This research shows different results in each treatment. At the concentration of 0 ppm, frequencies of micronuclei (Figure 1) show the average number of micronuclei was 15 % then increased simultaneously with increasing the concentration of herbicide exposure until 82.3 % in treatment of 8.7 ppm.

In addition to micronuclei, other types of cell nucleus abnormalities, namely: blebbed, lobed, notched, and binuclear. In the treatment of 0 ppm of herbicide shown blebbed nuclei are 8 %, lobed nuclei are 6.6 %, notched nuclei are 10 %, and binuclei are 4 %. The increased exposure concentrations of

herbicides simultaneously increase the number of micronuclei and other abnormal nuclei. The highest number occurs at the highest concentration of exposure, which is 8.7 ppm; the results show an average of blebbed nuclei of 84.2 %, lobed nuclei of 81.9 %, notched nuclei of 78.5 %, and binuclei of 78.4 %.

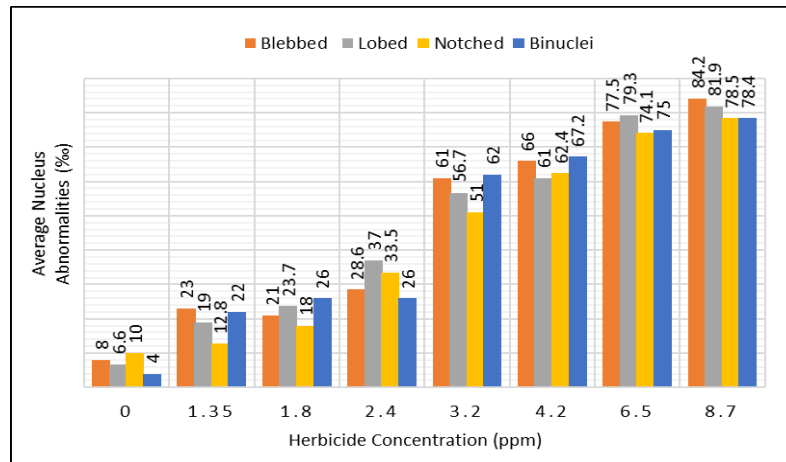


Figure 2. The average other cell nucleus abnormalities in common carp (*Cyprinus carpio* L.) during the research

The results of observations on the hematology include erythrocytes, leucocytes, hematocrit, and hemoglobin of goldfish, which have been carried out in this study, showing different results in each treatment. The following is a graph of the number of erythrocytes (cells / mm³) (Figure 3), leukocytes (cells / mm³) (Figure 4), hematocrit (%) (Figure 5), and hemoglobin (g%) of carp (*Cyprinus carpio* L.) (Figure 6).

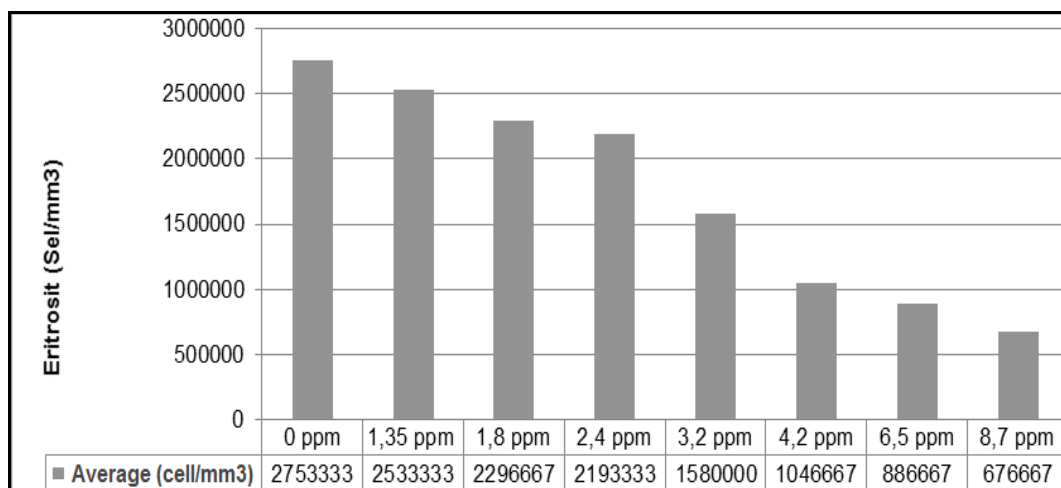


Figure 3. The average number of carp (*Cyprinus carpio* L.) erythrocytes

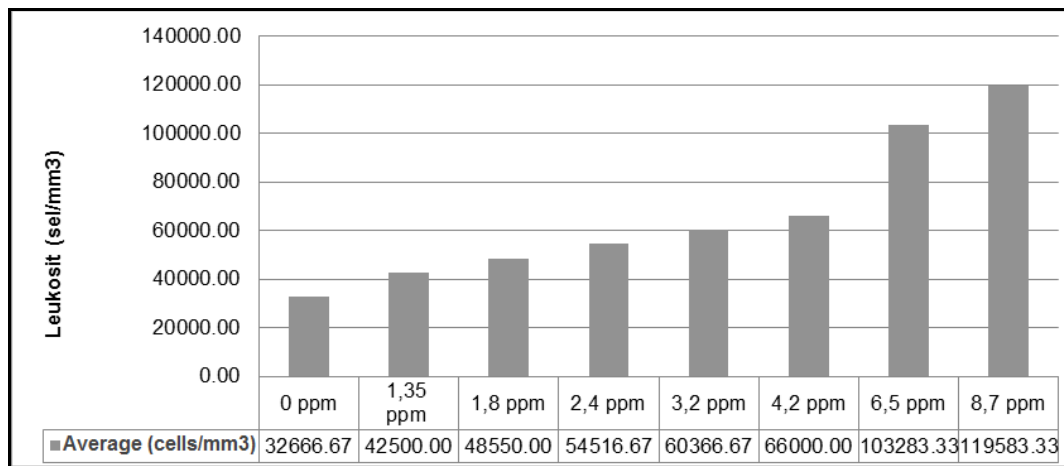


Figure 4. The average number of carp (*Cyprinus carpio* L.) leukocytes

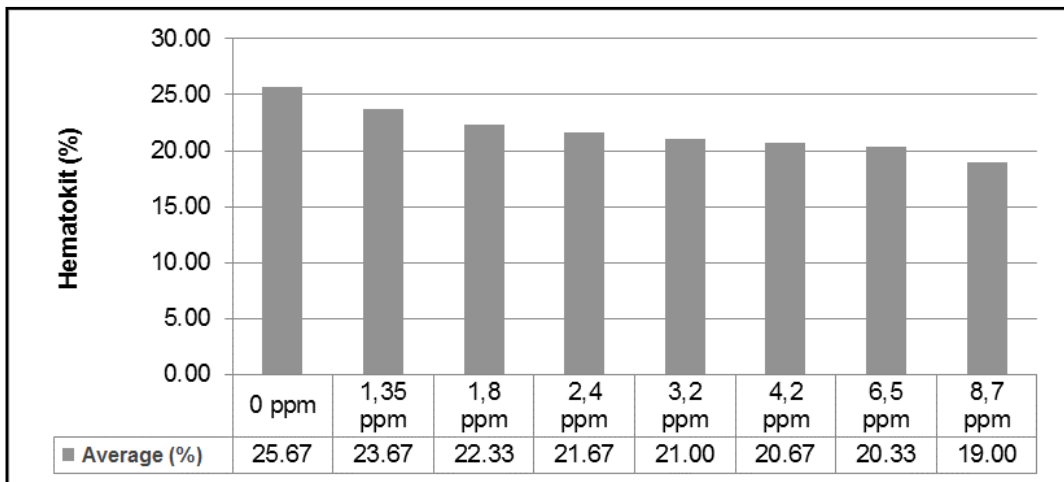


Figure 5. The average number of carp (*Cyprinus carpio* L.) Hematocrit

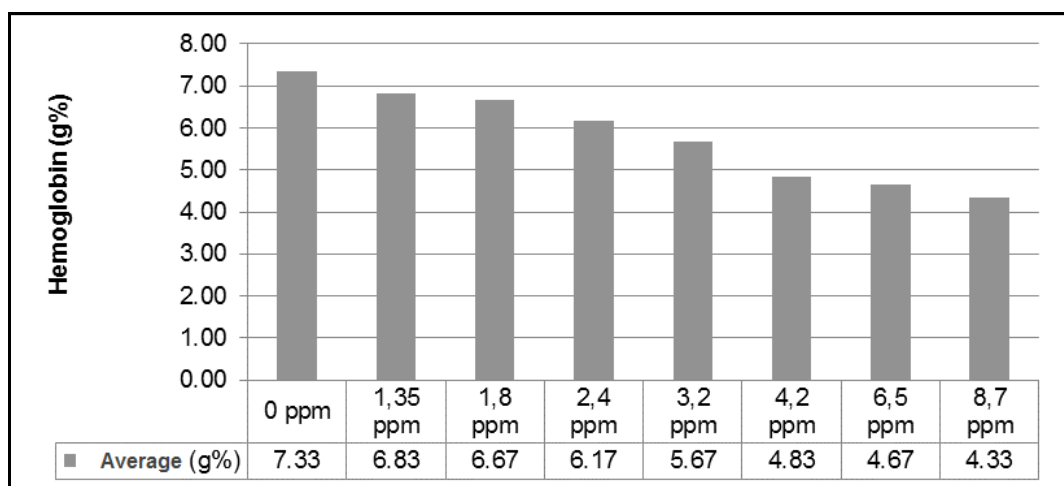


Figure 6. The average number of carp (*Cyprinus carpio* L.) hemoglobin

Discussion

This study shows that Glyphosate-based herbicide exposure can cause nucleus alteration in erythrocytes cell of common carp (*C. carpio* L). It means that Glyphosate-based herbicides have genotoxic potential on common carp (*C. carpio* L) in low to a high concentrations. The appearance of nucleus alteration in fish treated with 0 ppm herbicide may cause by another factor such as water quality. However, we assume that this factor does not significantly affect the appearance of micronuclei and other nucleus alterations in fish.

According to the research data, concentrations and the exposure period of herbicide on treated fish may be the reason for relatively high micronuclei frequencies and other alterations. The present study also reports that dose and time-dependent of some pesticide exposure (Chlorpyrifos, malathion, cypermethrin, lambda-cyhalothrin, and Buctril) can increase micronuclei induction in the peripheral blood erythrocytes of fish (Naqvi et al., 2016)

Micronucleus can be interpreted as cytoplasmic chromatin, which is seen as a small nucleus. The published study explains micronuclei formation (Rangkuti et al., 2012), Micronucleus is formed from chromosome fragments isolated from the nucleus in the phase of cell division anaphase. When it reaches telophase, the centric element is transformed into a daughter cell nucleus; on the other hand, the remaining chromosome fragments will remain in the cytoplasm that forms a small nucleus. The genotoxic effect is a change in the function of gene expression that occurs due to a bond between DNA and carcinogenic substances. A genotoxic agent such as a Glyphosate-based herbicide not only produces a deleterious effect on DNA and other cellular targets (Lopes et al., 2012), but it also leads to the appearance of physiological changes in the body, such as chronic tissue damage, decreasing the immune system, hormonal changes, or binding to proteins that are repressive to specific genes (Mohammed et al., 2015).

The figure above shows a tendency for erythrocyte, hematocrit, and hemoglobin levels to show a trend of decreasing with increasing exposure dose. On the other hand, leukocyte levels increase with increasing doses of herbicide exposure. The highest average erythrocyte level was in the 0 ppm (control) treatment of 2753333 cells / mm³, and the lowest was in the treatment with the highest exposure concentration of 8.7 ppm of 676667 cells / mm³. Furthermore, the lowest average total number of leukocytes was at a concentration of 0 ppm of 32666.67 cells / mm³. The highest concentration of exposure was 8.7 ppm, and the number of leukocytes was 119583.3 cells / mm³. The highest hematocrit value was found in the treatment with a concentration of 0 ppm, namely 25.67%, while the lowest average hematocrit value was 19% at a concentration of 8.7 ppm. Furthermore, the highest average hemoglobin level was 7.33g% in the control treatment (0 ppm concentration), and the lowest was 4.33g% at a concentration of 8.7 ppm.

Changes in the hematological parameters indicate that the fish experience stress due to exposure to pesticides. This is following the opinion of Torres et al. (1986) that under stress conditions, the number of erythrocytes, hemoglobin, and hematocrit decreases, and leukocytes tend to increase. Heath (1995) adds that the increase and decrease in hematological parameters is a response to environmental stress, chemicals, or vice versa; it may be due to blood cell loss or excess water. According to Rachmawati et al. (2010), the stress response's emergence indicates an adaptation to unexpected changes and to return to homeostatic conditions. In the future, research can continue research on the mechanism of pesticide toxicity to Mitogen-Activated Protein Kinase (MAPK) (Soeprijanto & Islamy, 2023).

In Ajani and Awogbade's (2012) study, a significant decrease in the number of *Clarias gariepinus* erythrocytes occurred at 15 ppm sub-lethal diuron exposure, from $1.57 \pm 0.48 \times 10^6$ cells / mm³ in control to $1.23 \pm 0.01 \times 10^6$ cells / mm³. Whereas in the research of Ramesh and Saravanan (2008), the number of carp erythrocytes decreased in exposure to acute toxicity of chlorpyrifos LC50-24 hours with a concentration of 5.28 ppm, namely from $3.24 \pm 0.046 \times 10^6$ cells / mm³ in control to $0.893 \pm 0.025 \times 10^6$ cells / mm³.

According to Suhermanto et al. (2013), erythrocytes are one of the important components of fish blood cells. In erythrocytes, there is a hemoglobin substance that plays a role in binding oxygen from the environment and is carried throughout the body where it is needed. Low erythrocytes will cause fish to be unable to take in large amounts of oxygen even though the water availability is sufficient. As a result, the fish will experience a lack of oxygen (anoxia).

Total leukocytes in the blood indicate the health condition of the fish. Fish that experience stress caused by changes in environmental conditions and because of foreign bodies show a response to an increase in the number of leukocyte cells (Hastuti, 2004). Exposure to chemical pollutants and a hypoxic environment can affect the increase and decrease in hematological parameters (Heath, 1995).

Research on the number of leukocytes conducted by Ahmad (2011) stated that the total leukocyte of goldfish has decreased with each additional exposure to diazinon concentration. In contrast, in Sahetapy's (2011) research, a higher lead concentration can increase the number of tiger grouper leucocytes. El-Sayed et al. (2007) reported a decrease in the total number of tilapia leukocytes in the acute toxicity test of LC50-96 hours of deltamethrin when compared to controls. In contrast, Bojarski et al. (2015) reported that the total number of *Cirrhinus mrigala* leukocytes experienced a significant increase when compared with controls after exposure to ethofumesate 0.11 ppm for 3 days, from $13 \pm 0.7 \times 10^3$ cells / mm³ in control to $36.17 \pm 5.0 \times 10^3$ cells / mm³. Montanha et al. (2014), also reported that the total number of *Rhamdia quelen* leukocytes on cypermethrin 2.5 ppm exposure with an average of 134.7 ± 21.50 cells / μ L had a significant increase when compared to 0 ppm exposure with a mean of 104.9 ± 28.8 cells / μ L. It can be concluded that each addition of toxins to the body of fish will have a different

effect on the total number of leukocytes, and changes in the total number of leukocytes can be caused by other factors, as expressed by Yanto et al. (2015), that the number of leukocytes in fish is strongly influenced by various factors including the type and species of fish, other physiological factors such as age, muscle activity, activity, and extras period.

Research conducted by Montanha et al. (2014) reported that at 2.5 ppm lethal cypermethrin exposure, the hematocrit value of *Rhamdia quelen* experienced a significant increase when compared to 1.5 ppm and 0 ppm exposure, with an average of $35.80 \pm 3.36\%$ respectively; $31.33 \pm 2.10\%$ and $31.17 \pm 4.95\%$, meanwhile Haider and Rauf (2014), reported that *Cirrhinus mrigala*'s hematocrit value decreased significantly with sub-lethal diazinon exposure of 1.63 ppm with a mean of 23.

CONCLUSIONS

We concluded that the LC50-96 hour's exposure of the glyphosate-based herbicide in carp (*Cyprinus carpio* L.) was obtained at a concentration of 8.57 ppm. Based on the evaluation of hematology, it was found that there was a decrease in the number of erythrocytes, hematocrit, and hemoglobin in fish blood, whereas the number of leukocytes, micronuclei, and other abnormal micronuclei showed an increase along with the increase in the dose of exposure to the glyphosate-based herbicide, which indicates a genotoxic effect.

SUGGESTION

Further studies are needed on the impact of other types of pesticides such as methomyl on the immune system of fish with more specific parameters.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Z. 2011. Acute toxicity and hematological changes in common carp (*Cyprinus carpio*) caused by diazinon exposure. African Journal of Biotechnology 10 (63): 13852-13859.
- Ajani F, Awogbade. 2012. Hematological changes of the African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) juveniles induced by diuron. British Biotechnology Journal 2 (4): 247-256.
- Al-Sabti K, Metcalfe CD. 1995. Fish micronuclei for assessing genotoxicity in water. Mutation Research 343: 121-135.
- Betancur IP, Palacio BJA, Guerrero MC. 2009. Micronuclei test application to wild tropical ichthyic species common in two lentic environments of the low zones in Colombia. Actualidades Biológicas 31: 67--77.

- Bojarski B, Ludwikowska A, Kurek A, Pawlak K, Tombarkiewicz B, Lutnicka H. 2015. Hematological alterations in common carp (*Cyprinus carpio* L.) exposed to herbicides: pendimethalin and ethofumesate tested separately and in a mixture. *Folia Biologica (Krakow)* 63 (3): 167-174.
- Bowman WC, Rand MJ. 1980. Textbook of pharmacology, 2nd Ed. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 16.17-16.31.
- Da Rocha CAM, da Cunha LA, Pinheiro RHS, Bahia MO, Burbano RMR. 2011. Studies of micronuclei and other nuclear abnormalities in red blood cells of *Colossoma macropomum* exposed to methyl mercury. *Genetics and Molecular Biology* 34: 694-697.
- El-Sayed YS, Saad TT, El-Bahr SM. 2007. Acute intoxication of deltamethrin in monosex Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* with special reference to the clinical, biochemical and haematological effects. *Environmental Toxicology and Pharmacology* 24: 212–217.
- Esmiralda 2010. Uji toksisitas akut limbah cair industri biodiesel hasil biodegradasi secara aerob skala laboratorium. *Teknika* 1: 73-76.
- Fadjar M, Islamy RA, Herawati EY. 2019. Short communication: First record of *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) (Teleostei: Osteoglossomorpha), in the Brantas River, Sidoarjo, East Java, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity* 20(12). doi:10.13057/biodiv/d201209
- Fazio F, Faggio C, Marafioti S, Torre A, Sanfilippo M, Piccione G. 2013. Effect of water quality on hematological and biochemical parameters of *Gobius niger* caught in Faro lake (Sicily). *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 12: 219-231.
- Fazio F, Marafioti S, Torre A, anfilippo M, Panzera M, Faggio C. 2013. Haematological and serum protein profiles of *Mugil cephalus*: effect of two different habitats. *Ichthyological Research* 60: 36-42.
- Güner U, Muranlı FD. 2011. Micronucleus test, nuclear abnormalities and accumulation of Cu and Cd on *Gambusia affinis* (Baird and Girard, 1853). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 11: 615-622.
- Guthrie FE, Perry JJ. 1980. Introduction to environmental toxicology. Elsevier. New York.
- Haider MJ, Rauf A. 2014. Sub-lethal Effects of Diazinon on Hematological Indices and Blood Biochemical Parameters in Indian Carp, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 57(6): 947–953. <https://doi.org/10.1590/s1516-8913201402086>
- Hasan V, Widodo MS, Islamy RA, Pebriani DAA. 2020. New records of alligator gar, *Atractosteus spatula* (Actinopterygii: Lepisosteiformes: Lepisosteidae) from Bali and Java, Indonesia. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 50 (2): 233-236.

- Hastuti S. 2004. Respons fisiologis ikan gurami (*Osphronemus gouramy*, Lac.) yang diberi pakan mengandung kromium-ragi terhadap perubahan suhu lingkungan. *Disertasi*. Institut pertanian Bogor. Bogor.
- Heath AG. 1995. *Water Pollution and Fish Physiology*. CRC Press. USA
- Islamy RA, Yanuhar U, Hertika AMS. 2017. Assessing the Genotoxic Potentials of Methomyl-based Pesticide in Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Using Micronucleus Assay. *The Journal of Experimental Life Sciences* 7(2): 88–93. doi: 10.21776/ub.jels.2017.007.02.05
- Kilawati Y, Islamy RA. 2019. The Antigenotoxic Activity of Brown Seaweed (*Sargassum* sp.) Extract Against Total Erythrocyte and Micronuclei of Tilapia *Oreochromis niloticus* Exposed by Methomyl-Base Pesticide. *The Journal of Experimental Life Sciences* 9(3): 205–210. doi: 10.21776/ub.jels.2019.009.03.11
- Li H, Jiang H, Gao X, Wang, Qu WR, Lin J, Chen. 2008. Acute toxicity of the pesticide methomyl on the Topmouth Gudgeon (*Pseudorasbora parva*): mortality and effects on four biomarkers. *Fish Physiol. Biochem* 34(3): 209-216.
- Lopes G, Sousa C, Silva LR, Pinto E, Andrade PB, Bernardo J, Mouga T, Valentão P. 2012. Can Phlorotannins Purified Extracts Constitute a Novel Pharmacological Alternative for Microbial Infections with Associated Inflammatory Conditions? *PLoS ONE* 7(2). doi: 10.1371/journal.pone.0031145
- López SL, Aiassa D, Benítez-Leite S, Lajmanovich R, Mañas F, Poletta G, Sánchez N, Simoniello MF, Carrasco AE. 2012. Chapter Two - Pesticides Used in South American GMO-Based Agriculture: A Review of Their Effects on Humans and Animal Models. *Advances in Molecular Toxicology*. 6: 41-75.
- Modesto KA, Martinez CB. 2010. Effects of Roundup Transorb on fish: Hematology, antioxidant defenses and acetylcholinesterase activity. *Chemosphere* 81(6): 781-787. doi:10.1016/j.chemosphere.2010.07.005
- Mohammed KP, Aarey A, Tamkeen S, Jahan P. 2015. Mutation Research/genetic toxicology and environmental mutagenesis. *Mutat. Res.* 777. 29-32.
- Montanha FP., Fredianelli AC, Wagner R, Sacco SR, Rocha DCC, Pimpao CT. 2014. Clinical, biochemical and haemathological effects in *Rhamdia quelen* exposed to cypermethrin. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 66 (3): 697-704.
- Naqvi GEZ, Shoaib N, Aisha MA. 2016. Genotoxic Potential of Pesticides in the Peripheral Blood Erythrocytes of Fish (*Oreochromis mossambicus*). *Pakistan Journal of Zoology* 48(6): 1643-1648.
- Pratama WW, Nursyam H, Hariati AM, Islamy RA, Hasan V. 2020. Short Communication: Proximate analysis, amino acid profile and albumin concentration of various weights of Giant Snakehead (*Channa micropeltes*)

- from Kapuas Hulu, West Kalimantan, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity* 21(3). doi:10.13057/biodiv/d210346
- Rachmawati FN, Susilo U, Sistina Y. 2010. Respon fisiologi ikan nila, *Oreochromis niloticus*, yang distimulasi dengan daur pemuasaan dan pemberian pakan kembali. *National Seminat of Biology*. Yogyakarta.
- Ramesh M, Saravanan M. 2008. Haematological and biochemical responses in a freshwater fish *Cyprinus carpio* exposed to chlorpyrifos. *International Journal of Integrative Biology* 3 (1): 80-83
- Rangkuti RH, Suwarso E, Hsb AZ. 2012. Pengaruh Pemberian Monosodium Glutamat (MSG) Pada Pembentukan Mikronukleus Sel Darah Merah Mencit the Effect of Monosodium Glutamate (MSG) In Mice Red Blood Cell Micronucleus Formation. *Journal of Pharmaceutics and Pharmacology* 1: 29–36
- Sahetapy JM. 2011. Toksisitas logam berat timbal (Pb) dan pengaruhnya pada konsumsi oksigen dan respon hematologi juvenil ikan kerapu macan. *Jurnal Manajemen Sumberdaya Perairan* 7(2): 42– 48.
- Serdiati, N., Safir, M., & Islamy, R. A. New Record of the Non-native species of Mayan Cichlid (*Cichlasoma urophthalmus* Günther, 1867) in Klawing River, Central Java, Indonesia.
- Soeprijanto, A., & Islamy, R. A. (2023). The Mitogen-Activated Protein Kinase (MAPKs) Expression and Primary Stress Hormone (Cortisol) of *Clarias* sp. Juvenile in Different Light Intensity. *Journal of Aquaculture and Fish Health*, 12(1), 49–56. <https://doi.org/10.20473/jafh.v12i1.35054>
- Solomon KR, Dalhoff K, Volz D, Kraak GV. 2013. Effects of Herbicides on Fish. *Fish Physiology Organic Chemical Toxicology of Fishes*, 369-409. doi:10.1016/b978-0-12-398254-4.00007-8
- Soraya, I., & Islamy, R. A. (2022). Analisis Keanekaragaman Perifiton Di Anak Sungai Brantas, Malang, Jawa Timur, Indonesia. *JFMR (Journal of Fisheries and Marine Research)*, 6(1), 152-162.
- Suhermanto A, Andayani S, Maftuch. 2011. Pemberian total fenol teripang pasir (*Holothuria scabra*) untuk meningkatkan leukosit dan diferensial leukosit ikan mas (*Cyprinus carpio*) yang diinfeksi bakteri *Aeromonas hydrophila*. *Jurnal Kelautan* 4 (2): 49-56.
- Syahrial A, Setyawati TR, Khotimah S. 2013. Tingkat kerusakan jaringan darah ikan mas (*Cyprinus carpio*) yang dipaparkan pada media Zn-Sulfat (ZnSO₄). *Protobiont* 2: 181-185.
- Torres P, Planas LTJ, Flos R. 1986. Effects of confinement stress and additional zinc treatment on some blood parameters in the dogfish *Scyliorhinus canicula*. *Comparative Biochemistry and Physiology* 83 (1): 89-92.
- Valen, F. S., Widodo, M. S., Islamy, R. A., Wicaksono, K. P., Insani, L., & Hasan, V. (2022, July). Molecular phylogenetic of silver barb *Barbonymus gonionotus* (bleeker, 1849)(cypriniformes: cyprinidae) in Java, Indonesia.

In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1036, No. 1, p. 012011). IOP Publishing.

- Widodo, M. S., Hasanz, V., Faqih, A. R., Islamy, R. A., & Ottoni, F. P. (2022). THE RANGE EXPANSION OF *Parachromis managuensis* GUNTHER, 1867 (PERCIFORMES, CICHLIDAE) IN JAVA, INDONESIA. *Biotropia*, 29(1), 7-11.
- Yanto H, Hasan H, Sunarto. 2015. Studi hematologi untuk diagnose penyakit ikan secara dini di sentra produksi budidaya ikan air tawar sungai Kapuas kota Pontianak. *Jurnal Akuatika* 6 (1): 11-20

PENINGKATAN PIGMEN WARNA DAN PERTUMBUHAN IKAN KOI (*Cyprinus carpio*) MELALUI PENGKAYAAN SUMBER KAROTENOID TEPUNG SPIRULINA

Putri Nurhanida Rizky¹, Atika Marisa Halim^{1*}, Nasuki¹, M. Alfian Nur Rohman¹

¹Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo

*Email : atikamarisa@gmail.com

ABSTRACT

*Ornamental fish farming is one of the supporting sectors of the fishery community's economy. The increasing ornamental fish production in 2022 is more influenced by the increasing demand for native Indonesian ornamental fish in the world market. "KOI" is one of the iconic ornamental fish in Indonesia as the most widely produced ornamental fish in 2022. The existence of Spirulina as a natural source of carotenoids can replace the use of synthetic carotenoids, thereby saving production costs in aquaculture. This study was conducted to evaluate the effect of enriching carotenoid sources of Spirulina flour on color enhancement and growth of koi fish (*Cyprinus carpio*). 40 koi fish (*Cyprinus carpio*) were given different feed treatments. P0 was the control (the feed was not given additional *S. fusiformis* flour. Meanwhile, the P1, P2, and P3 groups were fed with the addition of *S. fusiformis* flour at different concentrations (1%, 3%, and 5%). Koi fish were reared for 30 days by observing the color brightness level which was measured once every 7 days using the Toca Color Finder (TCF). Survival rate was measure at the end of the study. The results showed the survival rate of koi fish was 100%, the highest growth rate was found in the addition of Spirulina flour with a dose of 3% of $1.15 \pm 0.31\%$. osis 1% (P1) was able to increase the color of koi fish significantly compared to control (P0) with a final score of 24. The use of 1% spirulina (P1) did not show a different color improvement compared to P2 (score 22) and P3 (score 21) although the increase in color was higher than all treatments.*

Keywords: *Cyprinus carpio*, Colour improvement, *Spirulina fusiformis*, SR

ABSTRAK

Budidaya ikan hias menjadi salah satu sektor penopang perekonomian masyarakat perikanan. Peningkatan produksi ikan hias pada tahun 2022 sedikit banyak dipengaruhi oleh semakin diminatnya ikan hias asli Indonesia di pasar dunia. Akan tetapi peningkatan ini masih belum menjadikan Indonesia sebagai penguasa pangsa pasar ikan hias di dunia. Ikan koi di Indonesia menduduki peringkat pertama sebagai ikan hias yang paling banyak di produksi pada tahun 2022. Keberadaan spirulina sebagai sumber karotenoid alami dapat menggantikan penggunaan karotenoid sintetik, sehingga lebih menghemat biaya produksi. penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi efek dari pengkayaan sumber karotenoid tepung spirulina terhadap peningkatan warna dan pertumbuhan ikan koi (*Cyprinus carpio*). 40 ekor ikan koi (*Cyprinus carpio*) diberi perlakuan pakan berbeda P0 adalah kontrol (pakan tidak diberikan tambahan tepung *S.fusiformis*. Sedangkan pada kelompok P1, P2, dan P3 diberikan pakan dengan penambahan tepung *S.fusiformis* pada konsenstrasi yang berbeda – beda (1%, 3%, dan 5%). Ikan koi dipelihara selama 30 hari dengan pengamatan tingkat kecerahan warna

yang diukur setiap 7 hari sekali menggunakan alat pengukur warna *Toca Color Finder* (TCF). Selain itu dilakukan pengamatan laju pertumbuhan spesifik, *feed convention rate* dan *survival rate* di akhir penelitian. Hasil penelitian menunjukkan tingkat kelulushidupan ikan koi sebesar 100%, laju pertumbuhan tertinggi didapatkan pada penambahan tepung spirulina dengan dosis 3% sebesar $1,15 \pm 0,31\%$. Dosis 1% (P1) mampu meningkatkan warna ikan koi secara signifikan dibandingkan dengan kontrol (P0) dengan skor akhir 24. Penggunaan dosis spirulina 1% (P1) tidak menunjukkan hasil peningkatan warna yang berbeda dibandingkan dengan P2 (skor 22) dan P3 (skor 21) walaupun peningkatan warnanya lebih tinggi dari semua perlakuan.

Kata Kunci: *Cyprinus carpio*, Peningkatan Warna, *Spirulina fusiformis*, SR

PENDAHULUAN

Budidaya ikan hias menjadi salah satu sektor penopang perekonomian masyarakat perikanan. Data mencatat bahwa produksi ikan hias nasional terus mengalami peningkatan dari 0,47 milyar ekor pada tahun 2020 dan tumbuh mencapai 0,69 milyar ekor pada tahun 2022 (Ditjen KP, 2022). Peningkatan produksi ikan hias pada tahun 2022 sedikit banyak dipengaruhi oleh semakin diminatnya ikan hias asli Indonesia di pasar dunia. Akan tetapi peningkatan ini masih belum menjadikan Indonesia sebagai penguasa pangsa pasar ikan hias di dunia. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor antara lain; rendahnya penguasaan teknologi budidaya dan penanganan ikan hias yang baik, masih menggunakan sistem tradisional, *channeling* antara *supply* dengan *demand* belum tertata dengan baik, branding ikan hias Indonesia masih lemah, serta rendahnya koordinasi antar stakeholder ikan hias. Warna merupakan karakter penting yang menentukan nilai estetika, selera konsumen, serta meningkatkan harga jual suatu komoditas ikan hias (Kurnia *et al.*, 2019).

Saat ini, lebih dari 100 jenis keanekaragaman warna dan pola warna pada ikan koi (*Cyprinus carpio*) telah dikembangkan (Gomelsky *et al.*, 1996). Ikan koi di Indonesia menduduki peringkat pertama sebagai ikan hias yang paling banyak di produksi pada tahun 2022 (Ditjen KP, 2022). Hal ini dikarenakan tingginya peminat ikan koi baik nasional maupun internasional. Bentuk tubuh yang indah, ketajaman warna dan corak yang terdapat pada punggung ikan koi menjadikan ikan ini sebagai ikan hias dengan nilai ekonomis tinggi.

Pigmentasi pada tubuh ikan dipengaruhi oleh sel kromatofor. Sejatinya, koi memiliki 4 sel kromatofor yakni melanofora penghasil melanin (hitam), eritrofor penghasil pteridine (merah), xantofor penghasil karotenoid (kuning), iridofor penghasil kristal guanin dan purin (berkilau) serta sel leukofor yang tidak menghasilkan pigmen sehingga memberi warna putih pada ikan (Anderson, 2000).

Karotenoid merupakan suatu senyawa/pigmen yang memberikan warna alami merah, kuning, dan oranye pada tanaman dan mikroorganisme (Li *et al.*, 2012). Manusia dan hewan lain tidak dapat mensintesis karotenoid dan hanya mendapatkannya melalui makanan (Gouveia *et al.*, 2003). Dari 800 jenis karotenoid, spirulina memiliki kandungan β -karoten, cryptoxanthin dan astaxanthin yang lebih tinggi dibandingkan dengan kebanyakan sumber alamnya. Astaxanthin pada spirulina sangat efektif digunakan untuk meningkatkan kecerahan warna ikan. Selain itu, astaxanthin juga mudah dimetabolisme oleh ikan koi (Gupta *et al.*, 2007). Keberadaan spirulina sebagai sumber karotenoid alami dapat menggantikan penggunaan karotenoid sintetik, sehingga lebih menghemat biaya produksi. Selain itu, spirulina juga sudah terbukti aman untuk di konsumsi (Park *et al.*, 2018). Beberapa studi menunjukkan bahwa spirulina mampu meningkatkan pertumbuhan dan pigmentasi pada

ikan acei (*Pseudotropheus acei*) (Güroy *et al.*, 2012); ikan gurami kerdil (*Trichogaster lalius*) (Bakshi *et al.*, 2018); Ikan komet (*Carassius auratus*) (Margareta *et al.*, 2021) ikan guppy (Sing and Kumar, 2016), dan ikan koi (Swian *et al.*, 2014). Berdasarkan informasi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi efek dari pengkayaan sumber karotenoid tepung spirulina terhadap peningkatan warna dan pertumbuhan ikan koi (*Cyprinus carpio*).

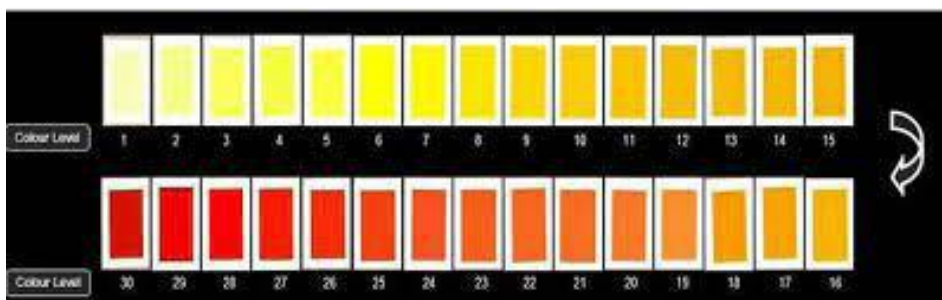
METODE

Pembuatan tepung *Spirulina fusiformis* dimulai dengan melakukan kultur starter spirulina pada media air payau dengan salinitas 12 – 15 ppt. Sebelumnya, dilakukan sterilisasi air media dengan chlorine 30 ppm dan dinetraslisasi dengan Natrium thiosulfate 10 – 15 ppm setelah 24 jam. Kultur spirulina pada penelitian ini juga dilengkapi dengan aplikasi pupuk kimia untuk menumbuhkembangkan sel seperti Urea (80 ppm), SP-36 (40 ppm), ZA (20 ppm), EDTA (5 ppm), FeCl₃ (1 ppm) dan Vit.B₁₂ (0,001 ppm). Pemberian pupuk dilakukan pada sebelum melakukan penebaran bibit spirulina pada media kultur. Selain itu, juga dilakukan pengadukan terhadap kultur dengan pemberian aerasi. Pemanenan dilakukan pada hari ke- 4 hingga hari ke-6 kultur dengan cara menyaring spirulina menggunakan kain satin. Hasil saringan berupa pasta/gel kemudian di bilas dengan air tawar sebanyak 2 – 3 kali dan dikeringkan. Sebanyak 100 gram pasta spirulina di tipiskan pada lembaran plastic didalam Loyang dan dikeringkan di dalam lemari pengeringan yang dilengkapi dengan 8 buah bohlam 40 watt dan exhaust fan selama <18 jam. Spirulina yang telah kering akan berubah menjadi lempengan, kemudian di blender untuk menghasilkan tepung. Tepung yang dihasilkan disimpan ke dalam botol kedap udara yang telah di lapiisi *aluminium foil*.

Sebanyak 40 ekor ikan koi (*Cyprinus carpio*) dengan panjang 10 – 15 cm dan berat 30 – 35 gram ditampung pada bak penampungan di balai pembenihan ikan koi Bekasi sebelum digunakan sebagai hewan uji. Hal tersebut bertujuan untuk memperoleh ukuran dan warna yang seragam sehingga mempermudah proses penelitian. Ikan tersebut kemudian di bagi ke dalam empat aquarium dengan ukuran 60x45x40 cm untuk proses aklimatisasi. Dari empat kelompok tersebut terbagi ke dalam; kelompok P0 sebagai variable kontrol (pakan tidak diberikan tambahan tepung *S. fusiformis*. Sedangkan pada kelompok P1, P2, dan P3 diberikan pakan dengan penambahan tepung *S. fusiformis* pada konsenstrasi yang berbeda – beda (1%, 3%, dan 5%).

Tepung spirulina yang telah ditimbang sesuai dengan dosis yang ditentukan, dilarutkan ke dalam 50 mL air dan di campurkan ke 100 gram pellet PF100. Setelah homogen, pellet kemudian di keringkan di bawah sinar matahari selama 30 – 60 menit sebelum pakan diberikan pada hewan uji. Pemberian pakan dilakukan dua kali sehari pada pagi hari dan sore hari dengan doses 3% dari berat tubuh ikan koi. Pengamatan dilakukan selama 30 hari masa pemeliharaan.

Perubahan yang diamati meliputi; tingkat kecerahan warna yang diukur setiap 7 hari sekali menggunakan alat pengukur warna *Toca Color Finder* (TCF) (Gambar 1) oleh tiga panelis yang tidak buta warna. Pengamatan terhadap perubahan warna pada ikan koi dilakukan dengan pemberian nilai atau pembobotan pada kertas pengukur warna. Penilaian dimulai dari terkecil 1,2,3 hingga skor terbesar 30 dengan gradasi warna dari orange muda hingga merah tua.



Gambar 1. Kertas pengukur warna/Toca Color Finder (TCF)

Pengamatan laju pertumbuhan spesifik, *feed convention rate* dan *survival rate* juga diukur pada penelitian ini. Data yang diperoleh selanjutnya di analisis menggunakan One Way ANNOVA dengan tingkat signifikansi 95%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Laju pertumbuhan dan survival rate

Hasil analisis ANOVA juga menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan terhadap semua parameter - parameter pengamatan. Hasil pengamatan dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Laju pertumbuhan berat dan panjang harian ikan koi selama 30 hari masa pemeliharaan

Parameter	Perlakuan			
	P0	P1	P2	P3
Bobot awal (g)	6,26 ± 0,32	6,19 ± 0,37	6,31 ± 0,37	6,31 ± 0,46
Bobot akhir (g)	7,09 ± 0,13	7,47 ± 0,28	8,9 ± 0,44	8,41 ± 0,35
Laju pertumbuhan harian (% hari)	0,41 ± 0,17	0,62 ± 0,22	1,15 ± 0,31	0,96 ± 0,35
Laju pertumbuhan Panjang harian (% hari)	0,6 ± 0,48	0,87 ± 0,8	0,8 ± 0,6	0,5 ± 0,8
Feed convention ratio	2,3	2,3	2,3	2,3
Survival rate (%)	100	100	100	100

Tidak ada ikan koi yang mati selama masa pemeliharaan berlangsung, dengan nilai survival rate 100%. Secara umum, pakan yang diberikan tambahan tepung spirulina dengan dosis yang berbeda menunjukkan hasil optimal untuk meningkatkan laju pertumbuhan dan panjang pada ikan koi dibandingkan dengan penggunaan pakan komersil ($p > 0,05$). Pertumbuhan tertinggi didapatkan pada penambahan tepung spirulina dengan dosis 3% sebesar $1,15 \pm 0,31\%$, kemudian diikuti dengan dosis 5% sebesar $0,96 \pm 0,35\%$, dosis 1%

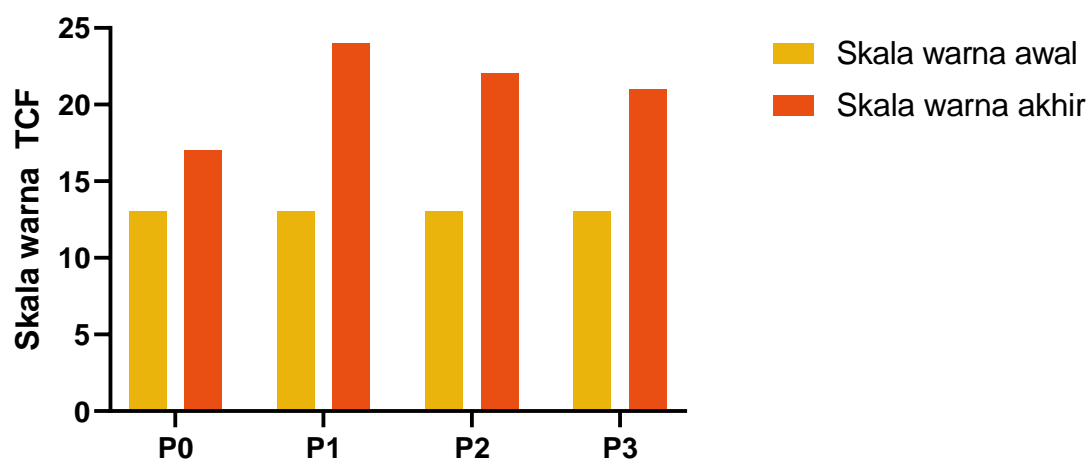
sebesar $0,62 \pm 0,22$ %, dan nilai pertumbuhan terendah terdapat pada kontrol sebesar $0,41 \pm 0,17$ %.

Tingginya pertumbuhan pada semua perlakuan menunjukkan bahwa ikan dapat mencerna pakan dengan baik dan nutrisi yang diserap lebih banyak. Spirulina kaya akan vitamin dan mineral serta mengandung seluruh kelompok vitamin B-kompleks. Protein yang dikandung oleh spirulina juga sangat tinggi (65%) dibandingkan dengan sumber makanan yang lain (Tokuşoglu, 2003). Brown *et al.* (1997) menyatakan bahwa dua gram spirulina menyediakan lebih dari 100% RDI vitamin A, ditambah kalsium, zat besi, fosfor, kalium, seng dan unsur mineral lainnya. Rendahnya hasil pertumbuhan pada kontrol, diduga karena pakan yang dikonsumsi ikan lebih banyak digunakan untuk metabolisme daripada yang diserap oleh tubuh. Penambahan tepung spirulina juga mampu meningkatkan laju pertumbuhan dan panjang pada tubuh ikan badut (*Amphiprionocellaris*) (Hadija *et al.*, 2020). Dari penelitian tersebut diperoleh hasil bahwa pemberian tepung *Spirulina platensis* mampu meningkatkan pertumbuhan berat mutlak, pertumbuhan panjang mutlak, laju pertumbuhan spesifik, dan laju pertumbuhan panjang spesifik ikan badut pada dosis 3%.

Pertumbuhan pada individu adalah penambahan jaringan akibat adanya pembelahan sel secara mitosis. Proses ini dapat terjadi apabila terdapat kelebihan input energi dan asam amino (protein) yang berasal dari makanan (Effendie, 1997). Struktur spirulina yang merupakan mucopolysakarida yang terdiri dari protein dan gula kompleks tanpa adanya dinding sel, hal ini menjadikan spirulina mudah diserap dan digunakan oleh tubuh. Sehingga laju pertumbuhan dan panjang tubuh ikan koi dengan penambahan spirulina pada dosis yang berbeda lebih tinggi daripada kontrol.

Tingkat Kecerahan Warna

Hasil penelitian kecerahan warna ikan koi setelah 30 hari masa pemeliharaan menunjukkan adanya peningkatan warna termasuk kontrol. Peningkatan warna pada ikan koi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Perubahan warna pada ikan koi setelah 30 hari masa pemeliharaan

Grafik 2 menunjukkan bahwa semua pakan yang diberikan pada ikan koi mampu dimetabolisme dan disimpan oleh sel pigmen ikan koi. Kandungan karotenoid pada tubuh terus meningkat seiring pertumbuhan dan konsumsi pakan. Dari hasil penilaian menyatakan

bahwa pakan ikan komersil yang dicampur dengan spirulina dengan dosis 1% (P1) mampu meningkatkan warna ikan koi secara signifikan dibandingkan dengan kontrol (P0) dengan skor akhir 24 apabila dilihat dari skala warna *Toca Colour Finder* pada Gambar 1.

Penggunaan dosis spirulina 1% (P1) tidak menunjukkan hasil peningkatan warna yang berbeda dibandingkan dengan P2 (skor 22) dan P3 (skor 21) walaupun peningkatan warnanya lebih tinggi dari semua perlakuan. Penambahan spirulina pada pakan, akan mempengaruhi penyerapan karotenoid dalam tubuh ikan. Tingginya penyerapan karotenoid pada P1 diduga karena karotenoid yang diberikan dari spirulina sebesar 1% hingga 5% sesuai dengan kebutuhan ikan. Tingginya penyerapan karotenoid pada P1, P2 dan P3 diduga karena karotenoid yang diberikan sesuai dengan kebutuhan ikan. Tepung spirulina memberikan pengaruh terhadap peningkatan intensitas warna pada ikan mas koki, dikarenakan spirulina mengandung karotenoid yang dapat meningkatkan intensitas warna pada ikan (Noviyanti *et al.*, 2015). Hal ini didukung oleh pendapat Hadijah *et al.*, (2020), perbedaan tingkat kecerahan warna pada ikan terjadi karena adanya perbedaan jumlah karotenoid yang terkandung di dalam pakan yang diberikan.

Hormon yang bertanggung jawab terhadap proses pigmentasi pada ikan antara lain *melanosite stimulating hormon* (MSH), *melanin concentrating hormone* (MCH), dan *melatonin* (MT). MSH diproduksi dibagian tengah lobus dari kelenjar hipofisis, dengan sel target sel kromatofor. Warna dasar kromatofor dibagi menjadi 5 kelompok sel yaitu *melanophore* (hitam/coklat), *xantophore* (kuning), *erythrophere* (merah), *leukophere* (putih) (Fujii, 2000).

Karotenoid yang terkandung pada spirulina mampu meningkatkan aktivitas enzim yang berperan dalam pembentukan sel – sel pigmen *erythrophere*. Tingginya kadar protein pada *Spirulina* juga mampu meningkatkan aktivitas pembelahan sel sehingga menstimulasi produksi hormon MSH sehingga mampu meningkatkan pergerakan butiran pigmen kromatofor. Butiran pigmen kromatofor akan tersebar ke dalam sel yang menyebabkan sel tersebut dapat menyerap sinar dengan sempurna sehingga terjadi peningkatan warna pada sisik ikan (Hutabarat, 2019).

Penelitian mengenai penambahan sumber karotenoid terhadap pakan ikan juga telah dilakukan pada ikan badut (Apriliani *et al.*, 2021). Ikan badut (*Amphiprion percula*) yang diberi pakan dengan tambahan astaxanthin dengan dosis 3% mampu meningkatkan warna pada ikan badut. Penambahan sumber karotenoid yang berasal dari campuran wortel, tomat, dan akar buah beet juga mampu meningkatkan warna dan pertumbuhan ikan koi pada konsentrasi 1% (Maiti *et al.*, 2017). Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan tepung spirulina dengan dosis terendah (1%) dapat memberikan peningkatan warna pada ikan koi secara signifikan. Hal ini disebabkan pigmentasi pada ikan koi relatif belum stabil, karena akan terus berkembang seiring dengan pertumbuhan ikan. Selain faktor genetik, perubahan warna pada sisik ikan juga dipengaruhi oleh beberapa faktor lain seperti stress karena lingkungan, kurangnya sinar matahari, penyakit serta kekurangan pakan (Sugimoto, 2002). Utomo *et al* (2006) dalam penelitiannya juga menyebutkan bahwa kebutuhan karotenoid pada ikan muda relatif lebih sedikit karena perubahan warna tubuhnya belum tetap.

PENUTUP

Penambahan karotenoid alami yang berasal dari tepung spirulina mampu memberikan pengaruh pada peningkatan warna, laju pertumbuhan, serta kelangsungan hidup pada ikan koi. Perlakuan P3 (tepung spirulina 3%) secara signifikan dapat meningkatkan laju pertumbuhan ikan koi. Akan tetapi, peningkatan warna yang tertinggi didapatkan pada

perlakuan P2 (tepung spirulina 1%). Hal ini diduga karena pada perlakuan P3, ikan koi lebih memanfaatkan karotenoid sebagai bahan untuk metabolisme pertumbuhannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, S. (2000). Salmon Color and the Consumer. *IIFET 2000 Proceedings*, 3. <http://osu.orst.edu/dept/IIFET/2000/papers/andersons.pdf>
- Apriliansi, S. I., Djunaedi, A., & Suryono, C. A. (2021). Manfaat astaxanthin pada pakan terhadap warna ikan badut *Amphiprion percula*, Lacepède, 1802 (Actinopterygii: Pomacentridae). *Journal of Marine Research*, 10(4), 551–559.
- Bakshi, S., Behera, S., Saha, S., Mandal, A., Das, A., Bhakta, D., Mondal, A., & Patra, P. (2018). Influence of spirulina powder at carotenoids concentration in fin of an ornamental fish *Trichogaster lalius*. *Journal of Entomology and Zoology Studies JEZS*, 6(61), 870–873. <http://www.entomoljournal.com/archives/2018/vol6issue1/PartL/5-6-356-963.pdf>
- Brown, M. R., Jeffrey, S. W., Volkman, J. K., & Dunstan, G. A. (1997). Nutritional properties of microalgae for mariculture. *Aquaculture*, 151(1–4), 315–331. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(96\)01501-3](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(96)01501-3)
- Fujii, R. (2000). The regulation of motile activity in fish chromatophores. *Pigment Cell Research*, 13(5), 300–319. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0749.2000.130502.x>
- Gupta, S. K., Jha, A. K., Pal, A. K., & Venkateshwarlu, G. (2007). Use of natural carotenoids for pigmentation in fishes. *Natural Product Radiance*, 6(1), 46–49.
- Güroy, B., Şahin, I., Mantoğlu, S., & Kayali, S. (2012). Spirulina as a natural carotenoid source on growth, pigmentation and reproductive performance of yellow tail cichlid *Pseudotropheus acei*. *Aquaculture International*, 20(5), 869–878. <https://doi.org/10.1007/s10499-012-9512-x>
- Hadijah, Junaidi, M., & Lestari, D. P. (2020). Pemberian Tepung Spirulina Platensis Pada Pakanterhadap Kecerahan Warna Ikan Badut (*Amphiprionocellaris*). *Jurnal Perikanan Unram*, 10(1), 41–49. <https://doi.org/10.29303/jp.v10i1.187>
- Kurnia, A., Nur, I., Muskita, W. H., Hamzah, M., Iba, W., Patadjai, R. S., Balubi, A. M., & Kalidupa, N. (2019). Improving skin coloration of koi carp (*Cyprinus carpio*) fed with red dragon fruit peel meal. *AAFL Bioflux*, 12(4), 1045–1053.
- Maiti, M. K., Bora, D., Ti, N., Sahoo, S., Bk, A., & Kumar, S. (2017). Effect of dietary natural carotenoid sources on colour enhancement of Koi carp, *Cyprinus carpio* L. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 5(4), 340–345. www.fisheriesjournal.com
- Margareta, A., Nikhlani, A., & Margareta, A. (2021). The Effectiveness Of Supplementation Of Spirulina Sp And Astaxanthin Within Feed To Color Quality Of Comet Fish (*Carassius Auratus*). 7, 1–6.
- Noviyanti, K., Tarsim, & Maharani, H. W. (2015). Pengaruh Penambahan Tepung Spirulina Pada Pakan Buatan Terhadap Intensitas Warna Ikan Mas Koki (*Carassius auratus*). *E-Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Budidaya Perairan*, 3(2), 367–374.
- Park, W. S., Kim, H. J., Li, M., Lim, D. H., Kim, J., Kwak, S. S., Kang, C. M., Ferruzzi, M. G., & Ahn, M. J. (2018). Two classes of pigments, carotenoids and c-phycoyanin, in spirulina powder and their antioxidant activities. *Molecules*, 23(8), 1–11. <https://doi.org/10.3390/molecules23082065>
- Sugimoto, M. (2002). Morphological color changes in fish: Regulation of pigment cell

- density and morphology. *Microscopy Research and Technique*, 58(6), 496–503. <https://doi.org/10.1002/jemt.10168>
- Swian, H. S., Senapati, S. R., Meshram, S. J., Mishra, R., & Murthy, H. S. (2014). Effect of dietary supplementation of marigold oleoresin on growth, survival and total muscle carotenoid of Koi carp, *Cyprinus carpio* L. *Journal of Applied and Natural Science*, 6(2), 430–435. <https://doi.org/10.31018/jans.v6i2.478>
- Tokuşoglu, O. and Ü. M. K. (2003). Biomass Nutrient Profiles of Three Microalgae: *Journal of Food Science*, 68(4), 1144–1148.

KAJIAN TEKNIS BUDIDAYA IKAN KAKAP PUTIH (*Lates calcarifer*) DI BALAI PERIKANAN BUDIDAYA AIR PAYAU (BPBAP) SITUBONDO, KABUPATEN SITUBONDO, JAWA TIMUR

Endang Puji Astuti¹, Qurrota A'yun¹, Arida Vitasari¹, Putri Desi Wulan Sari²

¹Mahasiswa Program Studi Akuakultur, Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Airlangga, Surabaya

²Dosen Program Studi Akuakultur, Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Airlangga, Surabaya

*Email : endang.puji.astuti-2019@fpk.unair.ac.id

ABSTRACT

*White snapper (*Lates calcarifer*) is a marine fish that can be referred to as giant sea perch, sea bass, and barramundi. This fish is one of the fishery commodities that have many overseas enthusiasts. The characteristics of fish are that they are easy to cultivate because they grow relatively fast and can adapt well to the environment. However, in the process of cultivation, seeds have low susceptibility to diseases caused by environmental conditions. The solution to overcome this is to improve the quality of the parent and seed. Furthermore, the seeds are cultivated until they reach the consumption size to meet market needs. The purpose of writing this scientific article for street vendors is to find out the cultivation techniques of white snapper at the BPBAP Situbondo Fisheries Center, as well as the problems that occur during cultivation activities. The method used was the active participation method and observation. White snapper cultivation techniques include broodstock maintenance, hatchery, and rearing, each of which consists of pond preparation, feeding, monitoring water quality, and monitoring pests and diseases. The results of observations obtained from parent-rearing activities were 79% FR, hatchery activities obtained 50% HR and 22% SR, and rearing activities with 0.10% SGR, 4.29 FCR, and 54.43% SR. The obstacle that occurs is the presence of human error in the hatchery unit due to delays in grading, causing low survival rates (SR) that do not meet the requirements. In addition, the rearing unit trash feed is not always available so it does not meet the requirements in the calculation of SR, SGR, and FCR.*

Keywords: *Enlargement, Hatchery, Parent rearing, White Snapper*

ABSTRAK

Ikan kakap putih (*Lates calcarifer*) merupakan ikan laut yang dapat disebut sebagai *giant sea pech*, *sea bass*, dan *barramundi*. Ikan tersebut termasuk

salah satu komoditas perikanan yang memiliki banyak peminat di luar negeri. Karakteristik yang dimiliki ikan adalah mudah dibudidayakan karena pertumbuhan relatif cepat dan mampu beradaptasi baik dengan lingkungan. Namun, dalam proses budidaya benih memiliki daya rentan rendah terhadap penyakit yang disebabkan oleh kondisi lingkungan. Solusi untuk mengatasi hal tersebut yaitu peningkatan kualitas induk dan benih. Selanjutnya, benih dibudidayakan hingga mencapai ukuran konsumsi untuk memenuhi kebutuhan pasar. Tujuan penulisan artikel ilmiah PKL ini adalah untuk mengetahui teknik budidaya ikan kakap putih di Balai Perikanan Budidaya Air Payau (BPBAP) Situbondo, serta permasalahan terjadi selama kegiatan budidaya. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode partisipasi aktif dan observasi. Teknik budidaya ikan kakap putih meliputi pemeliharaan induk, pembenihan, dan pembesaran yang masing-masing terdiri dari persiapan kolam, pemberian pakan, monitoring kualitas air, serta monitoring hama dan penyakit. Hasil pengamatan yang diperoleh dari kegiatan pemeliharaan induk yaitu FR 79 %, kegiatan pembenihan diperoleh HR 50% dan SR 22%, dan kegiatan pembesaran dengan SGR 0,10%, FCR 4,29, dan SR 54,43%. Hambatan yang terjadi yaitu adanya *Human error* di unit pembenihan dikarenakan keterlambatan melakukan grading sehingga menyebabkan kelulushidupan (SR) rendah tidak memenuhi persyaratan. Selain itu, pakan rucah unit pembesaran tidak selalu tersedia maka tidak memenuhi persyaratan dalam perhitungan SR, SGR, dan FCR.

Kata Kunci: Ikan Kakap Putih, Pemeliharaan Induk, Pembenihan, Pembesaran.

PENDAHULUAN

Ikan kakap putih (*Lates calcarifer*) merupakan ikan laut yang dapat disebut sebagai *giant sea pech*, *sea bass*, dan *barramundi*. Ikan kakap putih termasuk salah satu komoditas utama perikanan yang memiliki banyak peminat di luar negeri. Di wilayah Asia, Singapura dan Hongkong menjadi negara dengan peminat ikan kakap putih dengan jumlah impor masing-masing mencapai 60 ton/tahun dan 250 ton/tahun (KKP, 2012 dalam Hardayani, 2013). Ikan kakap putih memiliki karakteristik mudah dibudidayakan karena pertumbuhannya relatif cepat dan memiliki kemampuan adaptasi yang baik dengan lingkungan. Namun, dalam proses budidayanya, benih ikan kakap putih memiliki daya rentan yang rendah terhadap penyakit yang disebabkan oleh kondisi lingkungan budidaya (Priyono dkk., 2013).

Penanganan yang baik sangat diperlukan untuk menyelesaikan masalah tersebut agar kegiatan budidaya ikan kakap putih dapat terus dijalankan. Namun, dalam proses budidayanya, benih ikan kakap putih memiliki daya rentan yang rendah terhadap penyakit yang disebabkan oleh kondisi lingkungan budidaya. Solusi untuk mengatasi hal tersebut yaitu dengan meningkatkan kualitas induk dan benih ikan kakap putih pada proses budidaya. Selanjutnya, benih ikan kakap putih dibudidayakan hingga mencapai ukuran konsumsi untuk memenuhi kebutuhan pasar luar negeri.

Berdasarkan uraian tersebut, diperlukan pengetahuan tentang teknik budidaya ikan kakap putih yang baik untuk dapat meningkatkan produktivitas

budidaya sehingga mampu memenuhi kebutuhan pasar. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk melakukan kajian teknik budidaya Ikan Kakap Putih (*Lates calcarifer*) di Balai Perikanan Budidaya Air Payau (BPBAP) Situbondo, Kabupaten Situbondo, Jawa Timur.

METODE PENELITIAN

Alat yang digunakan dalam proses budidaya ikan kakap putih meliputi peralatan pada kegiatan pemeliharaan induk yaitu bak induk dengan ukuran diameter 10 m dan tinggi 3 m, pipa *outlet*, pipa *inlet*, akuarium 50x50x50 cm, *plankton net*, *scoop net*, seser, sikat, dan ember. Sementara, kegiatan pembenihan yaitu kolam pemeliharaan larva, kolam kultur pakan alami, pipa *outlet* dan *inlet*, saringan *grading*, *plankton net*, aerator, plastik, pipa PVC 6 inch. Adapun peralatan yang dibutuhkan untuk kegiatan pembesaran ikan kakap putih yaitu tambak beton (Petak B), outlet, pipa inlet, dan pipa *central drain*, sekop, sapu lidi, pompa, pipa PVC 6 inchi, kincir, drum plastik, gunting, timbangan digital, penggaris, jaring kerikit 3x3x2 m, serok, blong plastik, DO meter, dan secchi disk.

Bahan yang digunakan dalam proses budidaya ikan kakap putih yaitu multivitamin, air, benih, pakan alami, pakan rucah, dan pakan komersil.

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode partisipasi aktif dan observasi, dengan melakukan kegiatan pembudidayaan secara teknis yang meliputi pemeliharaan induk, pembenihan, dan pembesaran yang masing-masing terdiri dari persiapan kolam, pemberian pakan, monitoring kualitas air, serta monitoring hama dan penyakit. Pembesaran ikan diukur setiap minggu, yang meliputi pengukuran panjang (cm) dan bobot (gram) ikan. Parameter kualitas air yang diukur meliputi suhu (°C), kecerahan (cm), salinitas (ppt), *dissolved oxygen* (mg/L), nitrit (mg/L), dan amonia (mg/L).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Teknik Pemeliharaan Induk

Pemeliharaan induk merupakan suatu usaha sebagai faktor penentu dalam budidaya memiliki umur dan ukuran tertentu yang dapat dipijahkan dengan memiliki kualitas baik sebagai penghasil benih. Pemeliharaan induk dimulai dari penguasaan induk yang berasal dari BBL Lampung dan hasil pemeliharaan di Balai Perikanan Budidaya Air Payau Situbondo.

A. Persiapan Wadah Pemeliharaan

Persiapan wadah yang meliputi pembersihan bak, pemberian kaporit, dan pengisian air. Pembersihan bak dilakukan menggunakan sikat untuk menyikat lumut dan teritip yang menempel pada bak. Pemberian kaporit dengan dosis 100 –

150 ppm yang dilarutkan dengan air lalu disiram dengan rata pada dinding dan dasar bak. Pengisian air hingga volume mencapai 230 m³ dari total volume bak. Setelah itu, seleksi induk ikan kakap putih antara jantan dan betina yang dapat dibedakan jika betina memiliki abdomen lebih gelap dan genital membuka dengan bentuk bulat sedangkan jantan memiliki abdomen lebih terang. Kemudian, penebaran induk dengan jumlah indukan terdapat 84 ekor dengan perbandingan jantan dan betina adalah 1 : 2 (jantan 28 ekor : betina 56 ekor) dengan berat rata-rata betina 4 kg dan jantan 3 kg.

B. Pemijahan

Pemijahan induk ikan kakap putih di BPBAP Situbondo termasuk pemijahan semi buatan yang dapat diartikan bahwa pemijahan yang dilakukan dengan bantuan manusia tapi tidak secara langsung pada tubuh ikan namun dengan perlakuan yaitu manipulasi lingkungan. Tujuan dari manipulasi lingkungan adalah agar ikan dapat menyesuaikan diri seperti sedang berada di habitatnya aslinya. Hal ini dilakukan dengan cara menurunkan dan menaikkan volume air pada wadah pemijahan yang bergantung dengan kondisi suhu. Pukul 08.00 air diturunkan hingga ketinggian dari dasar bak kurang lebih 1 meter maka membuat suhu perairan bak menjadi 30°C sampai 32°C. Sementara, siang hari pukul 14.00 outlet ditutup untuk mengisi air bak sampai penuh yang mengakibatkan kondisi perairan mengalami penurunan suhu mencapai 28°C sampai 29°C. Pengaruh suhu akan memunculkan ransangan sebagai stimulan yang menyebabkan peningkatan suhu akan berpengaruh terhadap laju metabolisme dimana kelenjar pituitary menghasilkan hormon HCG yang digunakan untuk merangsang kelamin dapat reproduksi (Masruroh, 2014). Kemudian, pemasangan *egg collector* di bak segitiga berukuran sisi 4,2 m x 4,2 m x 4,2 m untuk pengeluaran telur outlet bagian atas pada sore pukul 15.00 – 17.00 WIB. Waktu pemijahan ikan kakap putih dilakukan sebulan dua kali di bulan purnama dan bulan gelap yang berlangsung malam hari pukul 20.00 sampai 22.00 selama 4-5 hari. Lalu, pengecekan telur dimulai pukul 19.00 dengan menyerok menggunakan *plankton Net*. Karakteristik telur yang dibuahi akan terlihat mengapung dan bersifat melayang.

C. Pemanenan Telur

Pemanenan telur berukuran 325 mikron sementara ukuran telur sebesar 750-800 mikron dan letakkan dalam ember untuk dipindahkan ke akuarium berukuran panjang 50 cm x lebar 50 cm x tinggi 50 cm yang diisi air laut 100 liter dari total volume akuarium. Telur ikan kakap putih menetas kurang lebih 12-14 jam, dengan temperatur air antara 30-32°C (Supryady dkk. 2021). Proses perhitungan telur menggunakan *scoop net* yang ditakar dan dihitung bahwa satu *scoop net* terdapat dua ratus lima puluh ribu telur. Total telur yang dikeluarkan

selama pemijahan berjumlah 10.200.000 telur. Hasil derajat pembuahan (FR) berdasarkan kegiatan praktik kerja lapangan adalah 79 %. Hal ini disebabkan karena kualitas induk yang baik dan tingkatan fertilisasi yang dipengaruhi oleh pemicu rangsangan hormonal dari perlakuan suhu serta pemberian multivitamin yang berpotensi eksploitasi jantan dan betina menghasilkan telur yang banyak (Abduh dan Fatahudin, 2012).

D. Pengelolaan Pakan dan Multivitamin

Pemberian pakan pada pemeliharaan induk ikan kakap putih dilakukan secara rutin di pagi hari pukul 07.00 pagi dengan satu kali pemberian. Pakan yang diberikan berupa ikan rucah dengan jenis yang bermacam – macam yaitu jenggelek, lemuru, kuniran dan layang. Metode pemberian pakan yang digunakan adalah *at station* dimana pakan diberikan sekenyang – kenyangnya. Selain itu, pakan diberikan tambahan multivitamin sebagai penunjang kesehatan ikan dan membantu dalam mempercepat kematangan gonad. Selain itu, tujuan dari pemberian *Aminovita-p* dan *Natur-e* adalah untuk meningkatkan kualitas induk dalam melakukan fertilisasi, kematangan gonad, daya tahan tubuh, memperbaiki jaringan yang rusak, dan antioksidan (Marzuqi dkk. 2015).

Teknik Pembénihan

Pembénihan secara umum merupakan usaha untuk menghasilkan benih ikan diawali dengan kultur pakan alami.

A. Kultur Pakan Alami

Pakan alami yang digunakan yaitu jenis *Chlorella* sp., *Rotifera* sp., dan *Artemia* . Kultur dilakukan secara urut berawal dari *Chlorella* sp. yang nantinya akan menjadi pakan larva serta *Rotifera* sp., kemudian kultur artemia. Kultur pakan alami diawali dengan persiapan bak dengan mencucinya untuk sterilisasi kemudian diisi air dan diberi bibit plankton. Kultur pakan alami terutama *Chlorella* sp. dan *Rotifera* diberi pupuk untuk meningkatkan pertumbuhannya. Pakan alami *Chlorella* dapat di panen ketika memasuki umur 6-7 hari, *Rotifera* sp. dapat dipanen saat umur 5-6 hari, sedangkan untuk *Artemia* dapat dipanen saat kista telah menetas yaitu kurang lebih 24 jam dan dapat diberikan sebagai pakan pada larva ikan kakap putih.

B. Persiapan Bak Pemeliharaan Larva

Persiapan bak yang meliputi pencucian bak pemeliharaan larva dengan detergen bubuk dan dilakukan penggosokan hingga bersih dan membilasnya, kemudian bak dikeringkan selama 2 hari. Setelah proses pengeringan, bak dapat

diisi air sebanyak 10 ton dan diberi pakan alami berupa *Chlorella* sp. dan *Rotifera* sp. Kemudian dapat dilakukan pemindahan telur ikan kakap putih dari bak penampungan sementara kedalam bak pemeliharaan. Kegiatan berikutnya yaitu pemeliharaan larva meliputi manajemen pakan, manajemen kualitas air, grading, serta pengendalian hama dan penyakit.

C. Pemberian Pakan dan Grading

Pemberian pakan dilakukan dengan memberi pakan alami hasil kultur dan pakan buatan. Frekuensi pemberian pakan untuk pakan alami sebanyak 2 kali dalam sehari, sedangkan untuk pemberian pakan buatan dilakukan setiap 1-2 jam sehari. Metode pemberian pakan buatan pada larva secara *ad satiation* yaitu diberikan sebanyak-banyaknya hingga larva ikan merasa kenyang dan *ad libitum*. Pengukuran kualitas air seperti suhu, salinitas, pH dilakukan setiap hari. Grading dilakukan jika larva telah memasuki ukuran 0,8- 1 cm untuk mencegah adanya kanibalisme, grading dilakukan menggunakan alat yangtelah dimodifikasi seperti ayakan untuk mempermudah kegiatan.

D. Monitoring Pertumbuhan

Monitoring pertumbuhan panjang tubuh larva ikan kakap putih dilakukan pada hari ke tujuh hingga ke-42. Pengambilan data pertumbuhan panjang larva ikan kakap putih dilakukan setiap seminggu sekali. Dalam rentang waktu tersebut terjadi kenaikan yang signifikan di hari ke tujuh sepanjang empat mm bertambah menjadi 29 mm di hari ke-42. Nilai Hatching rate (HR) larva ikan kakap putih sebesar 50 %, sedangkan menurut Ulfani (2012) telur ikan kakap putih dapat menetas dengan presentase diatas 70% dikategorikan baik. Jika dibandingkan dengan literatur nilai HR di BPBAP Situbondo dikatakan kurang baik hal ini dapat terjadi karena perlakuan pemindahan telur dari bak induk ke kolam penampungan telur sementara dan dipindahkan ke bak pemeliharaan yang memiliki suhu berbeda-beda.

Tingkat Kelulushidupan atau SR benih ikan kakap putih di Balai Perikanan Budidaya Air Payau (BPBAP) Situbondo sebesar 22 %. Menurut Nurmasiyah et al. (2018) bahwa larva ikan kakap putih merupakan larva ikan laut yang sangat rendah nilai tingkat kelangsungan hidupnya. Umumnya, larva ikan laut kurang lebih mencapai 30 %. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan telatnya dalam grading dan sifat ikan kakap putih yang kanibal membuat hal itu dapat terjadi.

Teknik Pembesaran

Pembesaran merupakan usaha pemeliharaan ikan mulai dari ditebarnya ikan dalam suatu kolam hingga ikan mencapai ukuran layak konsumsi atau ukuran layak pasar (Jangkaru, 2002). Kegiatan pembesaran dilakukan pada petak B

selama \pm 2 bulan hingga mencapai target ukuran untuk dipanen yaitu 500 gram (5 ons). Adapun kegiatan pembesaran ikan kakap putih meliputi persiapan tambak budidaya, seleksi dan penebaran benih, pemberian pakan, dan pengamatan pertumbuhan.

A. Persiapan Tambak Budidaya

Persiapan tambak untuk pembesaran ikan kakap putih diawali dengan pengeringan air sisa siklus pembesaran yang sebelumnya selamat 1-2 hari. Menurut Cahrial dan Fikar (2020), persiapan kolam dilakukan pembersihan dan pengeringan pada kolam, hal itu bertujuan sterilisasi kolam supaya menjadi netral kembali dan terhindar dari bibit penyakit yang berpotensi menyerang pada ikan yang dibudidayakan. Selanjutnya, proses pembersihan kotoran berupa lumut, teritip, sisa feses, dan sisa pakan yang menempel pada dasar dan dinding tambak yang dilaksanakan selama 2-3 hari dan dibantu dengan alat sekop dan sapu lidi. Tahap ketiga yaitu pemasangan alat dan komponen tambak seperti pemasangan pintu outlet, pipa inlet, dan pipa *central drain*. Setelah itu, dilakukan pengisian air laut yang dipompa lalu dialirkan menggunakan pipa PVC berukuran 6 inci pada lubang inlet. Pengisian air pada tambak pembesaran dilakukan hingga ketinggian 120 cm. Langkah terakhir yaitu pemasangan kincir yang bertujuan untuk suplai oksigen terlarut dan membentuk pola arus air.

B. Seleksi dan Penebaran Benih

Benih ikan kakap putih yang ditebar merupakan benih yang berkualitas dengan ciri-ciri tidak cacat, bebas penyakit, memiliki ukuran yang seragam, memiliki warna cerah, dan merespon apabila diberi pakan. Benih yang ditebar pada tambak berasal dari BPBAP Situbondo Instalasi Gelung dengan berat 15 gram dan panjang 13 cm sebanyak 3200 ekor. Benih ditebar pada tanggal 31 Maret 2022. Benih diletakkan pada drum pengangkutan berbahan dasar plastik (blong) dengan ukuran 200L. Benih ikan kakap putih langsung ditebar tanpa dilakukan aklimatisasi terlebih dahulu.

C. Pemberian Pakan

Pemberian pakan pada pembesaran ikan kakap putih dilakukan satu kali sehari sekitar pukul 08.00-10.00 WIB. Pakan yang digunakan yaitu pakan rucah dan pellet. Jenis rucah yang digunakan yaitu ikan jenggala dan ikan lemuru yang dipotong menjadi 3-4 bagian atau disesuaikan dengan bukaan mulut ikan kakap. Pellet hanya digunakan ketika ketersediaan pakan rucah terbatas. Metode pemberian pakan pada kegiatan pembesaran ikan kakap putih di tambak BPBAP Situbondo dilakukan secara *Ad satiation*. Dosis pemberian pakan (*feeding rate / FR*) disesuaikan dengan hasil sampling perkembangan bobot ikan kakap putih dalam 1 pekan sekali dan menggunakan acuan FR sebesar 3-5%.

D. Pengamatan Pertumbuhan

Pengamatan pertumbuhan dilakukan dengan cara sampling waktu satu minggu sekali di hari Rabu selama satu bulan. Sampling dilakukan dengan memancing ikan kakap putih sebanyak lima ekor lalu diukur berat dan panjangnya menggunakan timbangan digital dan penggaris. Selama proses pengamatan, diperoleh hasil dimana pertumbuhan ikan kakap putih mengalami kenaikan baik berat maupun panjang Adapun berat rata-rata ikan kakap putih di awal sampling yaitu sebesar 400 gram/ekor dengan panjang 29,8 cm/ekor. Pada akhir pengamatan diketahui berat ikan kakap putih mencapai 416 gram/ekor dengan panjang rata-rata 32,6 cm/ekor (Tabel 1).

Parameter pertumbuhan yang diamati pada kegiatan pembesaran yaitu *Specific Growth Rate* (SGR), *Feed Conversion Ratio* (FCR), dan *Survival Rate* (SR). Adapun hasil perhitungan data SGR pada kegiatan pembesaran ikan kakap putih yaitu sebesar 0,10%. Rendahnya nilai SGR tersebut disebabkan kebutuhan protein ikan kakap putih belum terpenuhi (Akbar *et al.*, 2012). Kandungan protein pakan rucah berupa ikan jengjala dan ikan lemuru yang masing-masing sebesar 16,88% dan 17,22% diduga menyebabkan lambatnya pertumbuhan ikan kakap putih. Nilai FCR yang didapatkan sebesar 4,29 yang artinya 4,29 kilogram pakan dapat menghasilkan satu kilogram daging. Tingginya nilai FCR dipengaruhi oleh variasi bobot ikan (Suwarta, 2014). SR pada pembesaran ikan kakap putih mencapai 54,43% dimana nilai ini dipengaruhi oleh faktor luar dan dalam (Adrianie dan Khalil, 2013). Diantara faktor luar yang mempengaruhi pada kegiatan pembesaran yaitu ketersediaan pakan rucah. Keterbatasan suplai rucah yang dipengaruhi oleh musim mengakibatkan ikan kakap putih dipuaskan sehingga dapat memicu tingginya angka mortalitas apabila kondisi tersebut terjadi berulang kali.

Tabel 1. Data Pertumbuhan Ikan Kakap Putih

No	Minggu 1		Minggu 2		Minggu 3		Minggu 4	
	Berat (gram)	Panjang (cm)	Berat (gram)	Panjang (cm)	Berat (gram)	Panjang (cm)	Berat (gram)	Panjang (cm)
1.	390	28	410	31	300	28	360	32
2.	406	31	400	30	420	31	460	33
3.	396	29	408	31	500	33	510	34
4.	404	30	400	29	380	31	340	31
5.	405	31	406	31	440	32	410	33
Rata-rata	400	29,8	405	30,4	408	31	416	32,6

Monitoring Kualitas Air

Monitoring kualitas air dilakukan dengan cara sampling tiap satu minggu sekali di pagi hari. Pengukuran kualitas air dilakukan dengan cara pengambilan sampel air lalu dilakukan pengujian di Laboratorium Kesehatan dan Lingkungan BPBAP Situbondo, seperti yang tertera pada Tabel 2. Parameter yang diukur berupa parameter fisika seperti suhu dan kecerahan serta parameter kimia seperti pH, salinitas, DO, Nitrit, dan Amonia. Suhu yang didapatkan pada kegiatan pemeliharaan induk, pembenihan, dan pembesaran masing-masing yaitu antara 27,05-31°C. Kecerahan pada tambak pembesaran diukur menggunakan *secchi disk* dan hasilnya sebesar 44,8 cm. pH pada ketiga kegiatan tersebut berkisar antara 7,9-8,25. Salinitas pada kolam induk, pembenihan, dan tambak pembesaran berkisar antara 27,5-33 ppt. DO atau oksigen terlarut pada ketiga kegiatan budidaya ikan kakap putih mencapai rentang antara 5,14-5,51 mg/L. Parameter-parameter tersebut dikatakan baik karena sesuai dengan ketentuan SNI 6145.3:2014 dimana nilai yang baik untuk suhu sebesar 28-32 °C, kecerahan minimal 30cm, pH 7,5-8,5, salinitas 15-35 ppt, serta DO minimal 4 mg/L. Nitrit pada kolam induk, pembenihan, dan tambak pembesaran sebesar >0,001 mg/L. Hal ini sesuai dengan pernyataan Yaqin et al. (2018) bahwa nitrit yang baik untuk proses budidaya ikan kakap putih yaitu sebesar 0,08 mg/L. Amonia pada ketiga kegiatan tersebut didapatkan >0,001-0,047 mg/L. Kadar amonia tersebut dikatakan baik karena sesuai dengan Hamuna et al. (2018) bahwa amonia untuk budidaya ikan kakap putih sebesar 0,3 mg/L.

Tabel 2. Data Monitoring Kualitas Air

Parameter	Pemeliharaan Induk	Pembenihan	Pembesaran	Kisaran Optimum	Standar
Suhu (°C)	28,5	30-31	Pagi :27,05 Sore : 28,48	28-32	SNI 6145.3: 2014
Kecerahan (cm)	-	-	44,8	Minimal 30	SNI 6145.3: 2014
pH	8,25	7,9-8	8,306	7,5-8,5	SNI 6145.3: 2014
Salinitas (ppt)	32,25	27,5	33	15-35	SNI 6145.3: 2014
DO (mg/L)	5,51	5,31	5,14	Minimal 4	SNI 6145.3: 2014
Nitrit (mg/L)	<0,001	<0,001	<0,001	0,08	Yaqin et al (2018)

Parameter	Pemeliharaan Induk	Pembenihan	Pembesaran	Kisaran Optimum	Standar
Amonia (mg/L)	0,047	<0,001	<0,001	0,3	Hamuna <i>et al</i> (2018)

Monitoring Hama dan Penyakit

Hama merupakan makhluk hidup yang memiliki ukuran tubuh lebih besar dan bersifat mengganggu dalam proses budidaya. Hama dapat dibagi menjadi predator, kompetitor, dan pencuri. Hama yang mengganggu proses budidaya ikan kakap putih pada BPBAP Situbondo yaitu teritip, kerang, dan burung kuntul. Hama teritip dan kerang pada kegiatan pemeliharaan induk dikendalikan dengan cara penyikatan hama pada saat pencucian bak. Penanganan hama pada kegiatan pembesaran ikan kakap putih di tambak yaitu persiapan tambak sebelum memulai siklus pembesaran baru. Tambak yang akan digunakan dilakukan pengeringan terlebih dahulu. Proses pengeringan ini bertujuan untuk menghilangkan hama yang ada di tambak. Teritip yang menempel pada dinding dan dasar tambak dihancurkan dengan menggunakan serok lalu dibuang ke selokan. Keberadaan hama burung kuntul tidak terlalu mengganggu proses pembesaran. Pada pelaksanaan Praktek Kerja Lapang (PKL) di tambak BPBAP Situbondo tidak ditemukan ikan yang terkena penyakit.

PENUTUP

Kesimpulan

Teknik budidaya ikan kakap putih meliputi pemeliharaan induk, pembenihan, dan pembesaran yang masing-masing terdiri dari persiapan kolam, pemberian pakan, monitoring kualitas air, serta monitoring hama dan penyakit. Hambatan yang ditemukan selama pelaksanaan teknis budidaya ikan kakap putih di BPBAP Situbondo yaitu adanya *Human error* di unit pembenihan dikarenakan keterlambatan melakukan grading sehingga menyebabkan kelulushidupan (SR) rendah sehingga tidak memenuhi persyaratan. Selain itu, pakan rucah pada unit pembesaran yang tidak selalu tersedia maka mengakibatkan unit pembesaran tidak memenuhi persyaratan dalam perhitungan SR, SGR, dan FCR.

Saran

Saran yang dapat diberikan yaitu pelaksanaan grading pada kegiatan pembenihan seharusnya tepat waktu agar SR yang dihasilkan bagus dan sesuai

dengan target yang diinginkan. Pakan terjaga rucah agar tetap tersedia atau mengganti pakan rucah dengan pelet selama pakan rucah tidak terpenuhi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami mengucapkan terimakasih kepada Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga yang telah mengakomodasi kegiatan ini dan kepada Kepala BPBAP Situbondo beserta jajarannya kami sampaikan terimakasih atas dukungan selama kegiatan sehingga kegiatan ini berlangsung dengan baik dan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- Abduh, M. dan F. Fatahudin. 2013. Pemijahan Alami Ikan Kakap Putih (*Lates calcarifer*) Di Keramba Jaring Apung. Teknik Litkayasa Akuakultur, 10(2): 85-89.
- Adrianie, A., dan M. Khalil. 2013. Efek Pemberian Atraktan Kerang Darah (*Anadara granosa*) dan Udang Windu (*Penaeus monodon*) Terhadap Daya Konsumsi Pakan Ikan Kakap Putih (*Lates calcarifer*). Jurnal Samudera, 7(2), 247-267.
- Akbar, S., Marsoedi, M., Soemarno, S., dan E. Kusnendar. 2012. Pengaruh pemberian pakan yang berbeda terhadap pertumbuhan ikan kerapu macan (*Ephinephelus fuscoguttatus*) pada fase pendederan di keramba jaring apung (KJA). Teknologi Pangan: Media Informasi dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian, 4(1).
- Cahrial, E., and Z. Fikar. 2020. Analisis Finansial Budidaya Ikan Nila Gesit Intensif dengan Sistem Bioflok. Jurnal Agribest, 4(2): 80-86.
- Hamuna, B. Rosye, H.R. Tanjung, Suwito, Hendra K. M., dan Alianto. 2018. Kajian Kualitas Air Laut dan Indeks Pencemaran Berdasarkan Parameter Fisika-Kimia di Perairan Distrik Depapre, Jayapura. Jurnal Ilmu Lingkungan, 6 (1): 35-43.
- Jangkaru, Z. 2002. Pembesaran Ikan Air Tawar di Berbagai Lingkungan Pemeliharaan. Penerbit Penebar Swadaya. Jakarta.
- Marzuqi, M., I. N. A. Giri, T. Setiadharna, R. Andamari, W. Andriyanto, N. W., dan W. Astuti. 2015. Penggunaan Pakan Prematurasi Untuk Peningkatan Perkembangan Gonad Pada Calon Induk Ikan Bandeng (*Chanos chanos* Fossal). Jurnal Riset Akuakultur, 10(4): 519-530.
- Masruroh, N. 2014. Pengaruh Stimulasi Suhu terhadap Kematangan Gonad Teripang (*Phyllophorus* sp). Skripsi. Budidaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Kelautan. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Nurmasiyah., Defira, C, dan N. Hasanuddin. 2018. Pengaruh Pemberian Pakan Alami yang Berbeda Terhadap Tingkat Kelangsungan Hidup Larva Ikan Kakap Intek Akuakultur, 6(1): 1-12.
- SNI. 2014 . Ikan kakap putih (*Lates calcalifer*, bloch 1790) Bagian 3: produksi induk. BSNI 6145.3:2014.

- Supryady, A. Kurniaji, M. Syahrir, Budiyati, dan N. Hikmah. 2021. Derajat Pembuahan dan Penetasan Telur, Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidupan Larva Ikan Kakap Putih (*Lates calcarifer*). Jurnal Salamata, 3(1): 7-12.
- Suwarda. 2014. Feed Conversion Ratio (FCR) Usaha Ternak Ayam Broiler di Kabupaten Sleman. Fakultas Pertanian. Universitas Widyagama Malang. Malang.
- Ulfani, R., C. N. Defira, dan H. Hasanuddin. 2018. Inkubasi Telur Ikan Kakap Putih (*Lates calcarifer*) Menggunakan Sistem Corong Dengan Padat Tebar Yang Berbeda. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan Perikanan Unsyiah, 3(1).
- Yaqin, M. A., L. Santoso, dan S. Saputra. 2018. Pengaruh Pemberian Pakan Dengan Kadar Protein Berbeda Terhadap Performa Pertumbuhan Ikan Kakap Putih (*Lates calcarifer*) Di Keramba Jaring Apung. Jurnal Sains Teknologi Akuakultur, 2(1): 12-19.

ANALISIS PERTUMBUHAN DAN KEPADATAN KERANG HIJAU (*Perna viridis*) PADA TALI GANTUNG KARAMBA APUNG KERANG HIJAU (KAKH) DI LAUT BANYUURIP KECAMATAN UJUNGPANGKAH KABUPATEN GRESIK

Qonita Yasmin Firdaus^{1*}, Farikhah¹, Nur Maulida Safitri¹

¹Program Studi Akuakultur, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Gresik

*Email : yasminrombenk@gmail.com

ABSTRACT

Green mussels (Perna viridis) is one of the results of commodity resources mariculture. Green-lipped mussel is one of the marine organisms that have a high nutritional content because clam meat green tea is rich in protein content with content that is equal to 11.84%, the water content of 78.86%, ash 3.60%, fat content low, amounting to 0.70% and also carbohydrates 4.70%. The successful cultivation of green shells should be supported by the ideal environmental conditions so that the activity of the cultivation of which is made environmentally friendly and sustainable. Ujungpangkah subdistrict is one area of the fishery marine has the potential bududaya green-lipped mussels are very abundant. The purpose of this study is to analyze the density, growth rate and hubungan the length of the weight against the green-lipped mussels on the rope hanging karamba floating. Methods of data collection used in this research using purposive random sampling from representatives of the differences in the characteristics at the study site by calculating the density, the rate of daily growth, and the relationship of the length of the weight. The results of research and discussion that researchers get show that the density of the green shells high based on the depth of the strap obtained on the rope part of the bright points that ranged 29802 ind/m². on the part of the strap in dark points have a value of density, namely 27826 ind/m². The relationship of the length of the heavy shells of green on the second point (light and dark) is to produce allometrik negative value of b yaitu - of 0.59 and by -0.32 where growth in length is more dominant than the growth of the weight. The dominance of green shells on a light level of the highest on the rope at a depth of 5 by 92,32 % and at the point of the dark level of the dominance of the highest at a depth of 4 that 93,78%. The rate of growth of the daily green shells obtained the highest on a leash to the D (the Rope is Bright) depth of 4m that is 1,94%/day and the rope to F (Strap is Dark) depth of 3m, namely 1.78%/day.

Keywords: Green Mussel, Floating Cages, Density, Average Daily Growth

ABSTRAK

Kerang hijau (*Perna viridis*) merupakan salah satu hasil komoditas sumber daya marikultur. Kerang hijau merupakan salah satu organisme laut yang memiliki kandungan nutrisi yang tinggi karena daging kerang hijau kaya akan kandungan protein dengan kadar yaitu sebesar 11.84%, kadar air 78.86%, abu 3.60%, kadar lemak yang rendah yaitu sebesar 0.70% dan juga karbohidrat 4.70%. Keberhasilan budidaya kerang hijau harus didukung oleh kondisi lingkungan yang ideal sehingga aktivitas budidaya yang dilakukan berwawasan lingkungan dan berkelanjutan. Kecamatan Ujungpangkah merupakan salah satu area perikanan—kelautan yang memiliki potensi budidaya kerang hijau yang sangat melimpah.

Tujuan penelitian ini untuk menganalisis kepadatan, laju pertumbuhan dan hubungan panjang berat terhadap kerang hijau pada tali gantung karamba apung. Metode pengambilan data yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode *purposive random sampling* dari perwakilan perbedaan karakteristik di lokasi penelitian dengan menghitung kepadatan, laju pertumbuhan harian, dan hubungan panjang berat. Hasil penelitian dan pembahasan yang peneliti dapatkan menunjukkan bahwa kepadatan kerang hijau tertinggi berdasarkan kedalaman tali didapatkan pada tali bagian titik terang yaitu berkisar 29802 ind/m². Pada bagian tali di titik gelap memiliki nilai kepadatan yaitu 27826 ind/m². Hubungan panjang berat kerang hijau pada kedua titik (terang dan gelap) adalah menghasilkan allometrik negatif nilai b yaitu - 0,59 dan -0,32 dimana pertumbuhan panjang lebih dominan dibandingkan pertumbuhan beratnya. Dominasi kerang hijau pada titik terang tingkat tertinggi yaitu pada tali di kedalaman 5 sebesar 92,32 % dan pada bagian titik gelap tingkat dominasi tertinggi pada kedalaman 4 yaitu 93,78%. Laju pertumbuhan harian kerang hijau yang diperoleh tertinggi pada tali ke D (tali titik terang) kedalaman 4m yaitu 1,94%/hari dan tali ke F (tali titik gelap) kedalaman 3m yaitu sebesar 1,78%/hari.

Kata Kunci: Kerang Hijau, Karamba Apung, Kepadatan, laju Pertumbuhan Harian

PENDAHULUAN

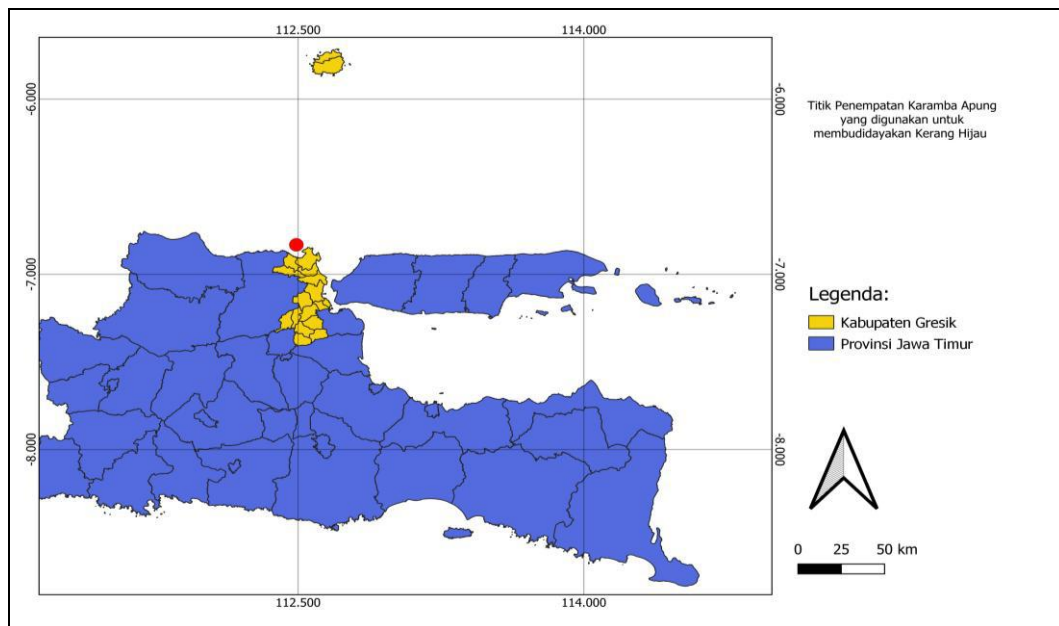
Kerang hijau (*Perna viridis*) merupakan salah satu hasil komoditas sumber daya marikultur. Kerang hijau merupakan salah satu organisme laut yang memiliki kandungan nutrisi yang tinggi karena daging kerang hijau kaya akan kandungan protein dengan kadar yaitu sebesar 11.84%, kadar air 78.86%, abu 3.60%, kadar lemak yang rendah yaitu sebesar 0.70% dan juga karbohidrat 4.70% (Suryani, 2016). Kerang hijau menyebar secara luas sepanjang wilayah pesisir Indo-Pasifik. Spesies ini memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi sehingga banyak negara membudidayakan kerang hijau.

Keberhasilan budidaya kerang hijau harus didukung oleh kondisi lingkungan yang ideal sehingga aktivitas budidaya yang dilakukan berwawasan lingkungan dan berkelanjutan (FAO, 2010). Parameter-parameter lingkungan yang sesuai akan berpengaruh bagi pertumbuhan kerang hijau, seperti; kedalaman, suhu air, salinitas dan kandungan oksigen (Radiarta, 2011). Ketersediaan dan kelimpahan plankton yang merupakan pakan alami kerang hijau akan mempengaruhi hasil dari budidaya kerang hijau. Kecamatan Ujungpangkah merupakan salah satu area perikanan kelautan yang memiliki potensi budidaya kerang hijau yang sangat melimpah. Kecamatan ini, terdapat lahan basah yang luas, baik berupa pantai, sungai, muara, dan ekosistem mangrove, serta ratusan hektar area pertambakan udang maupun ikan. Pembudidayaan kerang hijau dalam bagan tancap di Banyuurip telah berlangsung bertahun-tahun dan sejauh ini belum ada perubahan teknologi rumpon kerang hijau di sana.

Sebagai upaya pemanfaatan sumberdaya hayati laut yang berwawasan lingkungan akan lebih mudah dilakukan dan dikendalikan apabila mengetahui informasi-informasi mengenai sumberdaya hayati, seperti dengan mengetahui pola pertumbuhan pada kerang. Data hubungan panjang berat pada kerang hijau sangat diperlukan untuk kepentingan pengelolaan kerang disuatu perairan. Oleh karena itu dilakukan penelitian mengenai kepadatan serta analisis pertumbuhan pada Kerang hijau yang dibudidayakan di perairan Banyuurip menggunakan metode keramba apung.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada Bulan November 2021. Pengambilan sampel dilakukan pada tanggal 18 November 2021 di Laut Jawa Kabupaten Gresik Provinsi Jawa Timur pada titik koordinat 06°52'18.84" LS dan 112°29'41.19" (Gambar 1). Sampel berupa kerang hijau *Perna viridis* diambil dari karamba apung yang memiliki karakteristik area gelap (permukaan karamba apung yang tertutup catwalk) dan area terang (permukaan karamba apung yang terbuka) secara *purposive random sampling*. Sampel dikemas dalam kantong plastik transparan kemudian dianalisis di Laboratorium basah Akuakultur Program Studi Budidaya Perikanan Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Gresik.



Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel kerang hijau *Perna viridis* dari karamba apung yang dioperasikan di Laut Banyuurip, Kabupaten Gresik (●).

Parameter Penelitian

Kepadatan Kerang Hijau

Kepadatan jenis (D) merupakan jumlah individu per satuan luas (m²). Untuk menentukan kepadatan kerang hijau data yang dianalisis dengan menggunakan rumus menurut (Pauly dan Caddy,1985) sebagai berikut:

$$D = \frac{Ni}{A}$$

Keterangan:

- D = kepadatan jenis (ind/m²)
- Ni = Jumlah total jenis individu
- A = Luas Permukaan Substrat (m²)

Hubungan Panjang Berat

Menurut DeRobertis & William (2008) untuk menentukan hubungan panjang berat dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$W = aL^b$$

Keterangan:

- W = Berat Tubuh (g)
- L = Panjang Tubuh (mm)
- a dan b = Konstanta

Nilai $b = 3$, menunjukkan pola pertumbuhan isometrik yang berarti bahwa pertambahan panjang seimbang dengan pertambahan berat.

Nilai $b \neq 3$, menunjukkan pola pertumbuhan allometrik yang berarti bahwa pertambahan panjang tidak seimbang dengan pertambahan berat.

Jika $b > 3$, maka allometrik positif (pertumbuhan berat lebih dominan).

Jika $b < 3$, maka allometrik negatif (pertumbuhan panjang lebih dominan).

Indeks Dominasi

Indeks Dominasi dihitung menggunakan rumus indeks dominasi dari Simpson (Odum, 1993):

$$D = \sum (N_i/n)^2$$

Keterangan:

D = Indeks Dominasi Simpson

N_i = Jumlah individu tiap spesies

N = Jumlah individu seluruh spesies

Indeks Keanekaragaman

Indeks keanekaragaman dihitung menggunakan persamaan dari Shanon-Wiener, 1949:

$$H' = - \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i$$

Keterangan:

H' = indeks keanekaragaman

P_i = n_i/N

N_i = jumlah individu jenis ke- i

N = jumlah total individu semua jenis

Laju Pertumbuhan Harian

Perhitungan pertambahan berat rata-rata atau (*Average Daily Growth*) menurut Cholik (2005):

$$ADG = \frac{W_t - W_0}{H} \times 100\%$$

Keterangan :

W_t : Berat Akhir (gr)

W_0 : Berat Awal (gr)

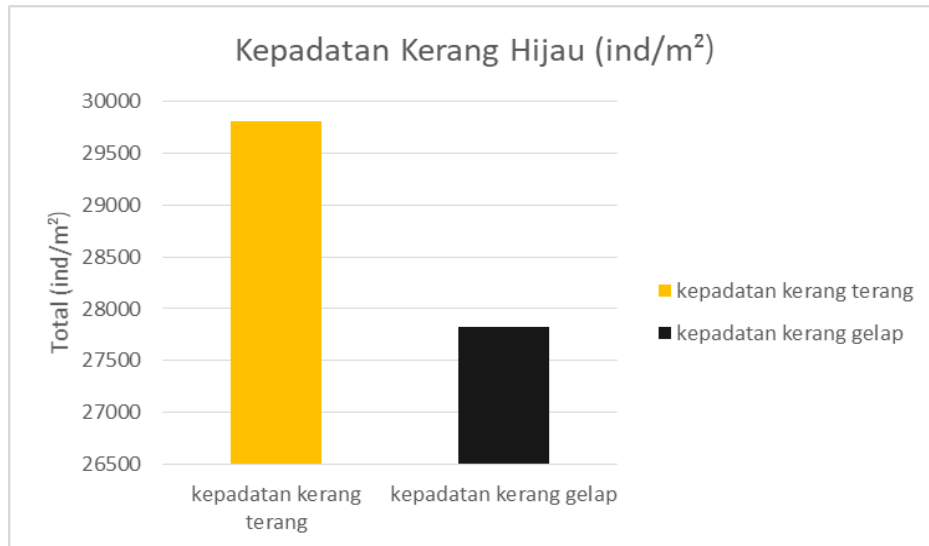
H : Lama Pemeliharaan (Hari)

HASIL DAN PEMBAHASAN

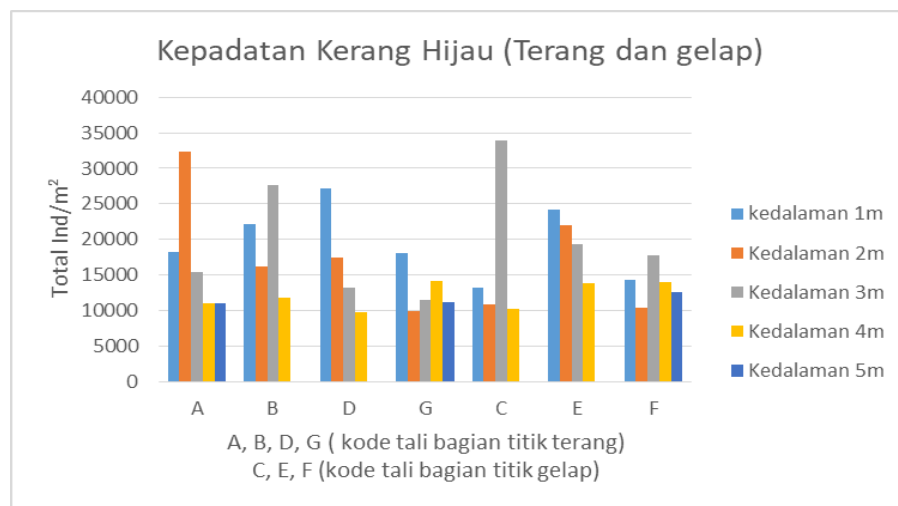
Kepadatan Kerang Hijau

Jumlah individu kerang hijau yang didapatkan selama penelitian sebanyak 18759 individu. Jumlah kerang hijau yang paling tinggi didapatkan pada bagian

titik terang yaitu pada tali A, B, D, dan G sebanyak 10907 individu dengan nilai kepadatan (D) sebesar 29.802 ind/m², yang diikuti dengan bagian titik gelap (tidak terkena cahaya matahari) sebanyak 6841 individu dengan kepadatan (D) sebesar 27.826 ind/m². Kepadatan suatu organisme pada ekosistem sangat erat kaitannya dengan faktor pendukung dan faktor pembatas dari organisme tersebut. Kepadatan kerang hijau yang tinggi disebabkan oleh suatu organisme yang berkaitan dengan faktor pendukung dan faktor pembatas dari organisme tersebut.



Gambar 1. Kepadatan Kerang Hijau



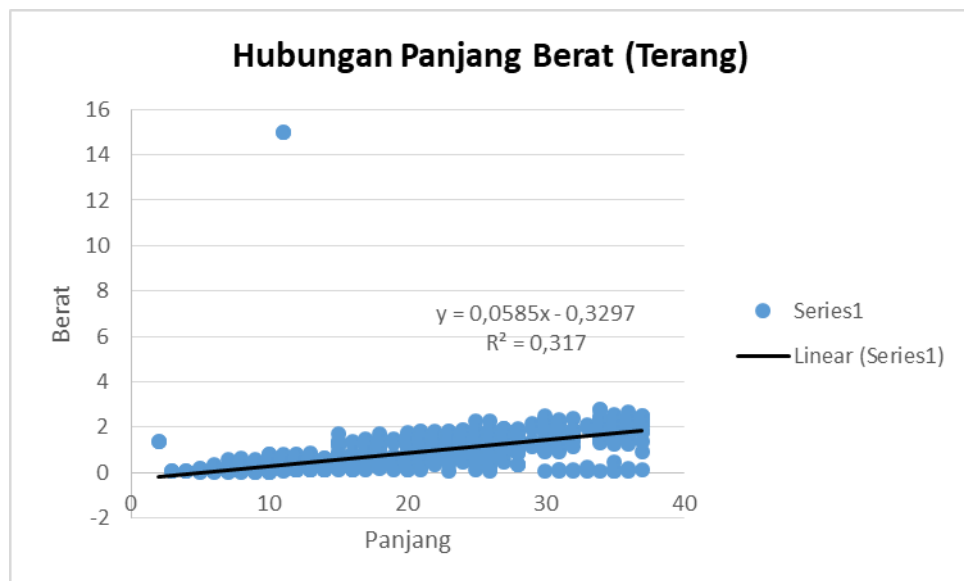
Gambar 2. Kepadatan Kerang Hijau (Terang dan Gelap)

Kerang hijau yang didapatkan berdasarkan kedalaman tiap meter tali pada titik terang dengan kode tali (A, B, D, G) yaitu pada bagian tali ke A nilai kepadatan tertinggi pada kedalaman ke dua yaitu 32400 ind/m², tali ke B nilai kepadatan tertinggi pada kedalaman tali ke tiga yaitu 26750 ind/m². Tali D kepadatan tertinggi pada kedalaman pertama, dan tali G nilai kepadatan tertinggi

pada kedalaman pertama. Kerang hijau yang didapatkan berdasarkan kedalaman tiap meter tali pada bagian titik gelap dengan kode tali (C, E, F) kepadatan tertinggi pada tali ke E kedalaman pertama yaitu berkisar 24150 ind/m². Nilai kepadatan terendah terdapat pada tali bagian gelap di kedalaman lima pada tali ke C di kedalaman empat meter. Jadi nilai kepadatan tertinggi yaitu pada kepadatan tali terang.

Hubungan Panjang Berat

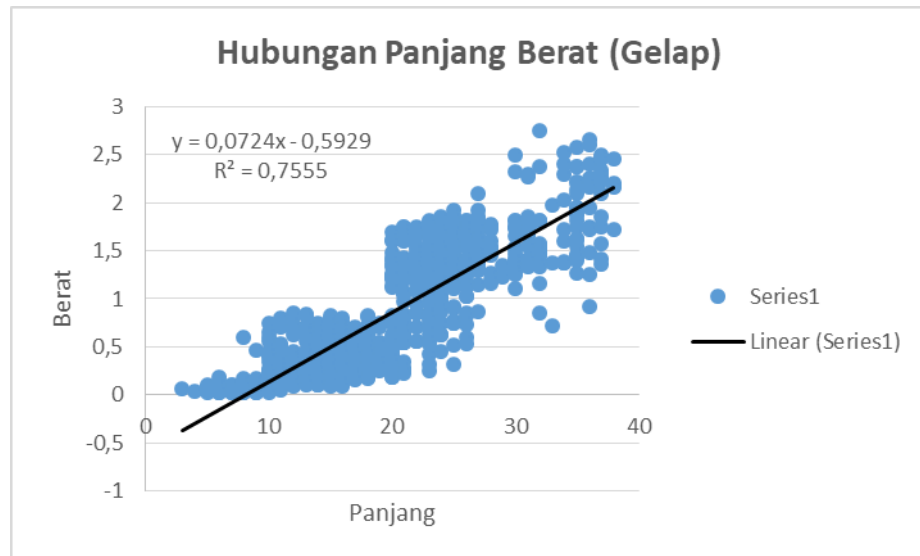
Hasil analisis regresi hubungan panjang dan berat pada bagian titik terang dengan kerang hijau berjumlah 10907 individu menghasilkan regresi $W = 0,0585X^{-0,3297}$ dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,317 dan korelasi (r) sebesar 0,513. Panjang berat kerang hijau memiliki korelasi yang cukup karena nilai r masih jauh untuk mendekati 1 (satu). Menurut (Sugiono, 2015) nilai Koefisien Korelasi dimana nilai R kisaran 0,5 - 0,69 termasuk korelasi cukup.. Kerang hijau pada bagian titik terang memiliki pola pertumbuhan allometrik negatif dimana nilai b berkisar -0,329 dimana nilai $b < 3$ yaitu pertumbuhan panjang lebih dominan dari pada pertumbuhan beratnya.



Gambar 3. Hubungan Panjang Berat pada Titik Terang

Gambar 4 menunjukkan kurva pada bagian titik gelap dengan kerang hijau berjumlah 6841 individu menghasilkan regresi $W = 0,0724X^{-0,5929}$ dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar R^2 0,7555 dan korelasi (r) sebesar 0,869 dimana hubungan panjang berat kerang hijau memiliki korelasi yang sangat kuat karena nilai r mendekati 1 (satu) menurut (Sugiono, 2015) nilai Koefisien Korelasi dimana nilai R kisaran 0,8-1,00 termasuk korelasi yang sangat kuat. Kerang hijau pada bagian titik gelap memiliki pola pertumbuhan allometrik

negatif dimana nilai $b = -0,592$ ($b < 3$) yaitu pertumbuhan panjang lebih dominan daripada pertumbuhan beratnya.



Gambar 4. Hubungan Panjang Berat pada Bagian Titik Gelap

Indeks Dominasi

Pada Tabel 1 menunjukkan tingkat dominansi tertinggi yaitu pada kerang hijau di titik terang pada kedalaman 5 meter yaitu berkisar 92,32%. Berdasarkan kedalaman tingkat dominansinya kerang hijau semakin tinggi. Tingkat dominansi kerang hitam tertinggi yaitu di kedalaman ke 1 meter yaitu 18,59% semakin kedalam tingkat dominansi kerang hitam rendah karena kerang hitam tidak mendominasi spesies tertentu. Sebaliknya pada tabel 2 tingkat dominansi tertinggi yaitu pada kerang hijau berkisar 93,78% di kedalaman 4 meter, sedangkan untuk kerang hitam tingkat dominansi tertinggi yaitu pada tali kedalaman 1 meter berkisar 23,45%. Semakin ke hilir indeks dominansi semakin tinggi, dimana semakin kecil nilai indeks dominansi maka menunjukkan bahwa tidak ada spesies yang mendominasi. Sebaliknya semakin besar dominansi tersebut maka menunjukkan ada spesies mayoritas yang mendalami area tertentu (Odum, 1993).

Tabel 1. Nilai Indeks Dominansi kerang pada titik terang berdasarkan kedalaman tiap meter tali

Nama Spesies	1	2	3	4	5
Kerang Hijau (<i>Perna viridis</i>)	76,99	81,64	84,93	92,23	92,32

Kerang Hitam <i>(Mytilus trossulus)</i>	18,95	12,33	9,020	1,262	0
---	-------	-------	-------	-------	---

Tabel 2. Nilai indeks dominansi kerang pada titik gelap berdasarkan kedalaman tiap meter tali

Nama Spesies	1	2	3	4	5
Kerang Hijau <i>(Perna viridis)</i>	68,38	80,97	92,008	93,78	93,45
Kerang Hitam <i>(Mytilus trossulus)</i>	23,45	13,7	4,21	0	0

Indeks keanekaragaman

Berdasarkan hasil yang di peroleh pada Tabel 3 maka dapat di ketahui bahwa keanekaragaman pada tali kerang hijau pada tali di titik terang di laut Desa Banyuurip yaitu $H' 0,401$ dikatakan cukup bagus karena tingkat atau indeks keanekaragamannya mendekati 1(satu). Sesuai dengan kisaran indeks keanekaragaman (Shannon – Wiener, 1949) jika $H' < 6, 907$ maka keanekargaman tinggi dan kestabilan komunitas tinggi. Hal ini sesuai dengan pendapat (Odum, 1975) yang menyatakan bahwa pada prinsipnya, nilai indeks makin tinggi, berarti komunitas diperairan itu makin beragam dan tidak didominasi oleh satu atau lebih dari takson yang ada.

Tabel 3. Nilai keanekaragaman pada tali di titik terang

Spesies	Σ	Pi	lnPi	Pi(Npi)
Kerang Hijau <i>(Perna viridis)</i>	10907	0,828	-0,188	-0,155
Kerang Hitam <i>(Mytilus trossulus)</i>	1481	0,112	-2,189	-0,246
Total				-0,401

Berdasarkan hasil yang di peroleh pada Tabel 4 maka dapat di ketahui bahwa keanekaragaman pada tali kerang hijau pada tali di titik gelap di laut Desa Banyuurip yaitu $H' 0,367$ dikatakan cukup bagus karena tingkat atau indeks keanekaragamannya mendekati 1 (satu). Sesuai dengan kisaran indeks keanekaragaman (Shannon – Wiener, 1949) jika $H' < 6, 907$ maka keanekargaman tinggi dan kestabilan komunitas tinggi. Hal ini sesuai dengan pendapat Odum,

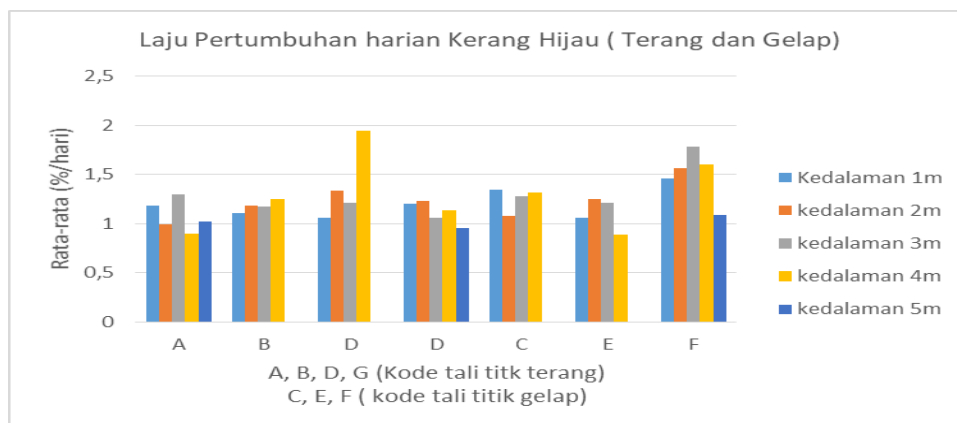
(1975) yang menyatakan bahwa pada prinsipnya, nilai indeks makin tinggi, berarti komunitas diperairan itu makin beragam dan tidak didominasi oleh satu atau lebih dari takson yang ada.

Tabel 4. Nilai keanekaragaman pada tali di titik gelap

Spesies		Σ	Pi	lnPi	Pi(Npi)
Kerang Hijau (<i>Perna viridis</i>)		7852	0,847	-0,1654	-0,140
Kerang Hitam (<i>Mytilus trossulus</i>)		906	0,097	-2,3258	-0,227
Total					-0,367

Laju Pertumbuhan Harian

Hasil analisis memperlihatkan, bahwa terjadi perkembangan yang cukup baik terhadap kerang hijau terutama. Kerang dapat mencapai ukuran yang maksimum makin kearah laut lepas. Berdasarkan pada gambar 10 menunjukkan bahwa laju pertumbuhan harian tertinggi pada tali ke D (tali titik terang) pada kedalaman 4m yaitu senilai 1,94 %/hari dan tali ke F (tali titik gelap) pada kedalaman 3m yaitu senilai 1,74%/hari. Laju pertumbuhan harian terendah didapat pada kisaran 1,09%/hari yaitu pada tali bagian titik gelap. Namun, proses ini mengalami peningklatan yang tidak seragam. Menurut Setyobudiandi (2001) pertumbuhan kerang memberikan pola pertumbuhan yang beragam di setiap lokasinya. Dari analisis yang dilakukan, peluang kerang untuk mencapai panjang maksimum yang lebih dari 10 cm bisa terjadi. Pola seperti ini mendorong perkembangan biologi seperti organ reproduksi untuk berkembang secara lebih cepat (Kastoro, 1988).



Gambar 10. Laju Pertumbuhan Harian Kerang Hijau Bagian Titik Terang dan Gelap (A, B, D, G kode tali titik terang dan C, E, F kode tali pada titik gelap)

Pengukuran Kualitas Air

Tabel 5. Pengukuran Kualitas Air

Parameter Kualitas Air	Nilai kualitas air Hijau	Penelitian air Kerang	Nilai Standart
Suhu	28°C		26-32°C
Kecerahan	65 cm		≥2 cm
Salinitas	25 ppt		27-34 ppt
DO	6,5 mg/l		>5 mg/l
pH	6		6,5-9

Hasil penelitian yang dilakukan selama penelitian di laut Desa Banyuurip nilai suhu yang didapatkan yaitu 28°C. Hasil pengukuran tingkat salinitas air laut yaitu 25 ppt. Hasil pengukuran kecerahan air didapatkan sebesar 65 cm. Oksigen terlarut pada karamba apung kerang hijau diperoleh sebesar 6,5 mg/l. nilai pH yang didapatkan yaitu 6. Dari hasil pengukuran tersebut menunjukkan bahwa Perairan Banyuurip, Kecamatan Ujung Pangkah, Kabupaten Gresik dikatakan baik untuk budidaya kerang hijau.

PENUTUP

Kesimpulan

Kepadatan kerang hijau tertinggi berdasarkan kedalaman tali didapatkan pada tali bagian titik terang yaitu berkisar 29802 ind/m². pada bagian tali di titik gelap memiliki nilai kepadatan yaitu 27826 ind/m². Hubungan panjang berat kerang hijau pada kedua titik (terang dan gelap adalah menghasilkan allometrik negatif yaitu nilai b -0,59 dan -0,32 dimana pertumbuhan panjang lebih dominan dibandingkan pertumbuhan beratnya. Dominasi kerang hijau pada titik terang tingkat tertinggi yaitu pada tali di kedalaman 5 sebesar 92,32 % dan pada bagian titik gelap tingkat dominasi tertinggi pada kedalaman 4 yaitu 93,78% Keanekaragaman yang diperoleh tingkat keanekaragaman tertinggi adalah pada tali bagian titik terang dibandingkan dengan bagian titik gelap yaitu sebesar 0,56847 dimana $H' < 6,907$ maka keanekaragaman tinggi dan kestabilan komunitas tinggi. Laju pertumbuhan harian kerang hijau yang diperoleh tertinggi pada tali ke D (Tali titik Terang) kedalaman 4m yaitu 1,94%/hari dan tali ke F (Tali titik Gelap) kedalaman 3m yaitu sebesar 1,78%/hari.

Saran

Kurangnya penelitian ini terletak pada pengambilan sampel yang hanya dilakukan satu kali. Saran dari hasil penelitian ini sebaiknya ada penelitian

lanjutan mengenai analisis pertumbuhan dan kepadatan kerang hijau pada tali gantung karamba apung kerang hijau di laut Banyuurip.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian terutama kepada kedua orang tua dan dosen pembimbing Program Studi Budidaya Perikanan Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Gresik. Tidak lupa terima kasih untuk teman-teman angkatan 2018 Budidaya Perikanan yang telah banyak membantu.

DAFTAR PUSTAKA

- FOA (2010). Aquaculture Development. 4. Ecosystem Approach To Aquaculture. Fao Technical Guidelines For Responsibel Fisheries.
- Suryani, T. (2016). Kualitas Dan Daya Simpan Kerang Hijau Pada Variasi Jenis Pengawet Alami Dan Lama Perendaman. Proceeding Biology Education Conference.
- Radiarta, I. N. (2011). Aquaculture Site Selection For Japanese Kelp (*Laminaria Japonica*) In Southeren Praise Of Sustainable Economies And Environments. World Aquaculture.
- De Robert, A., K. William. 2008. Weight-length relationship in fisheries studies: the standard allometric model should be applied with caution. Transaction of the American Fisheries Society, 137: 707-719.
- Pauly, D. and Caddy, J.F. 1985. A modication of Bhattacharya's method for the analysis of mixtures of normal distributions. FAO Fisheries Circular, Vol. 781. FAO, Rome, Italy, pp 16
- Odum, E. P. (1993). Dasar-Dasar Ekologi. Penerjemah: Tjahyono Samingan.
- Shannon, C. E., & Weaver, W. (1949). The mathematical theory of communication., (The University of Illinois Press: Urbana, IL, USA).
- Cholik, F. 2005. Akuakultur. Masyarakat Perikanan Nusantara. Taman Akuarium Air Tawar. Jakarta.
- Setyobudiandi, (2001). Sex ratio and gonad development of green mussel, *Perna viridis* in Jakarta Bay, Indonesia. Phuket Marine Biological Center Special Publication 25(1): 167-168
- Suryani, T. (2016). Kualitas Dan Daya Simpan Kerang Hijau Pada Variasi Jenis Pengawet Alami Dan Lama Perendaman. Proceeding Biology Education Conference
- Setyobudiandi, (2001). Sex ratio and gonad development of green mussel, *Perna viridis* in Jakarta Bay, Indonesia. Phuket Marine Biological Center Special Publication 25(1): 167-168.

- Simanjuntak, M. 2012. Kualitas Air Laut Ditinjau dari Aspek Zat Hara, Oksigen Terlarut dan pH di Perairan Banggai, Sulawesi Tengah. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 4 (2): 290-303.
- Shannon, C. E., & Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication.*, (The University of Illinois Press: Urbana, IL, USA).
- Hasan, U., H. Wahyuningsih dan E. Jumilawaty. 2014. Kepadatan dan Pola Pertumbuhan Kerang Lokan (*Geloina erosa*, Solander 1786) di Ekosistem Mangrove Belawan. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 19 (2): 42-49. ISSN: 0853-7607.
- Kementerian Lingkungan Hidup (KLH). 2004. Keputusan Menteri KLH No. 51/2004. Tentang Baku Mutu Air Laut Untuk Biota Laut. KLH. Jakarta.

PENGARUH IMUNOMODULASI DARI EKSTRAK *CAULERPA LENTILLIFERA* PADA PROFIL HEMATOLOGI BALB/c

Renanda Baghaz Dzulhamdhani Surya Putra^{1*}, Ayu Winna Ramadhani¹, Asus
Maizar Suryanto Hertika²

¹Program Studi PSDKU Akuakultur, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas
Brawijaya

²Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan,
Universitas Brawijaya

*Email : renandabaghaz@ub.ac.id

ABSTRACT

Caulerpa lentillifera is widely known to have pharmacological benefits based on a variety of research findings. The study aims to analyze the potential immunostimulant extract of ethanol *Caulerpa lentillifera* in blood profiles *in vivo*. The methods carried out included extraction of *Caulerpa lentillifera* ethanol, observation of the hematological profile of erythrocytes, leukocytes, and micronucleus, and phagocytosis activity in the Balb/c scavengers administered orally with a dose of 25, 50, 100, 150 mg/kg BW for one week. The results obtained that *Caulerpa lentillifera* ethanol extract showed a significant increase in the number of leukocytes at each treatment dose. The number of erythrocytes also increased but did not show any significance. The activity of phagocytosis also showed a significant increase with the highest percentage of the treatment dose of 100 mg/kg BW. The results of the micronuclei analysis showed no difference. Based on the results of this study showed an increase in the number of erythrocytes leukocytes as well as phagocytosis indicating the occurrence of an increased immune system. It can be concluded that *Caulerpa lentillifera* is also able to boost the immune system or as an immunostimulant through increased blood profile as well as phagocytosis activity *in vivo*.

Keywords: *Caulerpa lentillifera*, Erythrocyte, Leukocyte, Micronuclei, Phagocytosis

ABSTRAK

Caulerpa lentillifera diketahui memiliki manfaat farmakologis berdasarkan berbagai temuan penelitian. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi ekstrak imunostimulan etanol *Caulerpa lentillifera* dalam profil darah *in vivo*. Metode yang dilakukan termasuk ekstraksi *Caulerpa lentillifera* etanol, pengamatan profil hematologi eritrosit, leukosit dan aktivitas mikronukleus dan phagocytosis pada balb/c yang diberikan secara oral dengan dosis 25, 50, 100, 150 mg/kg BW selama satu minggu. Hasilnya menunjukkan bahwa ekstrak etanol *Caulerpa lentillifera* menunjukkan peningkatan signifikan dalam jumlah leukosit pada setiap dosis pengobatan. Jumlah eritrosit juga

meningkat tetapi tidak menunjukkan signifikansi apa pun. Aktivitas fagositosis juga menunjukkan peningkatan yang signifikan dengan persentase tertinggi dari dosis pengobatan 100 mg / kg BW. Hasil analisis mikronukleus tidak menunjukkan perbedaan. Berdasarkan hasil penelitian ini menunjukkan peningkatan jumlah leukosit eritrosit dan phagocytosis menunjukkan adanya peningkatan sistem kekebalan tubuh. Dapat disimpulkan bahwa *Caulerpa lentillifera* juga mampu meningkatkan sistem kekebalan tubuh atau sebagai imunostimulan melalui peningkatan profil darah serta aktivitas fagositosis in vivo.

Kata Kunci: *Caulerpa lentillifera*, Eritrosit, Leukosit, Mikronuklei, Fagositosis

PENDAHULUAN

Rumput laut *Caulerpa lentillifera green alga* mengandung senyawa bioaktif telah dievaluasi potensinya sebagai bahan fungsional bagi kesehatan manusia (Wynants *et al.*, 2020). Saat ini, penerapan rumput laut telah pesat untuk dilakukan riset dalam menemukan dan mengembangkan agen terapeutik baru (Piccininni *et al.*, 2020). *Caulerpa lentillifera* merupakan salah satu dari rumput laut *green alga* yang banyak tumbuh dan dibudidayakan di perairan Indonesia (Mao *et al.*, 2020). Telah dilaporkan bahwa *Caulerpa lentillifera* ini menunjukkan beberapa sifat farmakologis, seperti imunomodulator, antimikroba, antidiabetes, antijamur dan antikanker (Ji *et al.*, 2020; Holman *et al.*, 2020; Grasselli *et al.*, 2020; Goyal *et al.*, 2020). *Caulerpa lentillifera* juga memiliki aktivitas antioksidan yang kuat karena senyawa fenoliknya (Pive *et al.*, 2020). Beberapa senyawa bioaktif juga telah diisolasi dari rumput laut (*green alga*) ini, seperti clionasterol, 1,4 -glucan dan 1,3- β -glucan (Myers *et al.*, 2020). β -glucans menunjukkan potensi untuk mengobati beberapa penyakit dan diakui sebagai stimulator imunologis yang kuat pada manusia.

Sistem kekebalan terlibat dalam etiologi dan patologi banyak penyakit. Modulasi respon imun meningkatkan pengendalian penyakit. Sistem imun (kekebalan) berhubungan dengan leukosit. Leukosit merupakan bagian dari sistem imun yang memiliki peran penting dalam setiap agen penyebab penyakit. Fungsi utama leukosit adalah menghancurkan bahan infeksius dan toksik melalui proses fagositosis dan membentuk antibodi (Lubis *et al.*, 2016). Dalam literatur klasik, eritrosit telah lama digunakan sebagai pengangkut oksigen. Namun, semakin banyak bukti menunjukkan bahwa sel-sel ini juga memainkan peran penting dalam sistem kekebalan bawaan (Hotz *et al.*, 2017). dengan demikian mengatur dan memodulasi respons imun. Komponen internal eritrosit seperti hemoglobin dan heme juga merupakan wajah tangguh dari imunitas bawaan, mampu menghasilkan spesies oksigen reaktif antimikroba (ROS) untuk bertahan melawan serangan mikroba hemolitik, serta mempromosikan respons inflamasi patologis dan auto-imun (Anderson *et al.*, 2018). Salah satu sifat imunomodulator penting dari eritrosit manusia adalah kecenderungannya untuk mengikat berbagai macam kemokin.

Pada penelitian ini akan menguji kemampuan imunomodulasi *Caulerpa lentillifera* secara in vivo terhadap balb/c. Selanjutnya Induksi ekstrak ethanol *Caulerpa lentillifera* yang telah diberikan selama satu minggu dilakukan

pengamatan terhadap gambaran darah sebagai respon imun Sehingga diharapkan hasil dari penelitian ini dapat mengetahui pengaruh immunomodulasi dari *Caulerpa lentillifera* terhadap gambaran darah sebagai respon imun.

METODE PENELITIAN

Ekstraksi Rumput laut *Caulerpa lentillifera*

Penelitian ini dilakukan dari Juli 2022 hingga Desember 2022. Semua kegiatan penelitian dilakukan di laboratorium Biosciences Institute, Brawijaya University, Malang. Seaweed (*Caulerpa lentillifera*) diperoleh dari Jepara, Jawa Timur, Indonesia (seaweed cultivation). Selanjutnya, itu dikeringkan di oven udara panas pada 50 °C dan direndam menjadi bubuk dan difilter dengan ukuran filter > 80 mesh. Serbuk rumput laut disiramkan selama 4 hari dengan etanol, kemudian difilter dan larutan dihilangkan menggunakan evaporator rotasi.

Induksi Ekstrak *Caulerpa lentillifera*

Balb/c tikus berusia 6 bulan hingga 10 bulan ditempatkan di fasilitas yang bersih dan bebas patogen di fasilitas perawatan hewan laboratorium sentral ilmu hayati Universitas Brawijaya. Selanjutnya, diinduksi Etanol extract of *Caulerpa lentillifera* dengan konsentrasi masing-masing (25, 50, 100 dan 150 mg/kg BW) melalui oral.

Setelah pemaparan, secara singkat setelah induksi selama 1 minggu darah diambil melalui jantung dengan spuit telah dibilas dengan EDTA lalu darah dimasukkan pada eppendorf 1,5 ml yang telah dibilas dengan EDTA. Selanjutnya darah masing-masing perlakuan dianalisis Eritrosit, Leukosit, mikronuklei dan fagositosis.

Eritrosit

Menurut Nemzek et al (2001) perhitungan sel darah merah atau eritrosit dilakukan dengan cara mengambil sampel darah dari tabung eppendorf dengan menggunakan pipet thoma eritrosit berupa kapiler dengan batu kecil di dalamnya berwarna merah hingga garis menunjukkan 0,5 ml. Selanjutnya ditambah dengan larutan hayem hingga larutan mencapai 101 ml. Setelah itu larutan dihomogenkan dengan cara menggoyangkannya dengan bentuk angka delapan. Darah dibuang dua tetes untuk membuang gelembung udara, lalu ditetaskan pada kamar hitung yang ditutup dengan cover glass. Selanjutnya diamati di bawah mikroskop dengan pembesaran 10 x 10 dengan 5 lapang pandang di kotak kecil pada kamar hitung *hemocytometer* dan dilakukan perhitungan dengan

$$\text{Total erythrocyte} = n \times 10^4 \text{ cell/mm}^3$$

Leukosit

Menurut Nemzek et al (2001), prosedur pengamatan dan penghitungan jumlah sel darah putih dilakukan dengan dihisap dengan pipet thoma leukosit. penghitungan sel darah putih atau leukosit dilakukan dengan cara pengambilan sampel darah dan tabung eppendoif dengan menggunakan alat hisap eritrosit berupa kapiler dengan barn kecil di dalamnya berwarna merah hingga garis

menunjukkan 0,5 ml. Selanjutnya larutan hayem ditambahkan hingga larutan mencapai 101 ml. Setelah itu larutan yang ada dalam alat hisap berupa pipa kapiler dihomogenkan dengan cara menggoyangkannya dengan bentuk angka delapan. Darah dituang dua tetes untuk membuang gelembung udara. Darah diteteskan pada hemacytometer, dan ditutup dengan *cover glass*. Kemudian darah diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran 10 x 40 dengan 4 lapang pandang di kotak besar pada kamar hitung hemocytometer dan dilakukan penghitungan dengan Total leukocyte $= n \times 50 \text{ cell/mm}^3$

Mikronuklei

Menurut Hussain *et al.* (2017), pada pengamatan mikronuklei (MN) dapat dilakukan dengan cara mengamati sel darah merah. Darah diambil dan dioleskan pada preparat dan didiamkan selama 5 menit dan dilakukan pewarnaan menggunakan giemsa 10% lalu didiamkan selama 30 menit. Preparat yang sudah siap selanjutnya diamati dibawah mikroskop binokuler dengan perbesaran 1200x. Kemudian dihitung eritrosit dan mikronuklei (MN) yang diamati dan dilakukan skoring. Menurut Luzhna *et al.* (2013), rumus frekuensi mikronuklei adalah sebagai berikut:

$$MN = \frac{\text{Total micronuclei cell}}{\text{total cell}} \times 1000$$

Fagositosis

Untuk mengukur aktivitas fagositosis, pertama-tama sampel darah sebanyak 50 µl dimasukkan ke dalam tabung eppendorf steril dan ditambahkan 50 µl suspensi sel ragi roti. selanjutnya dihomogenkan dan diinkubasi dalam suhu ruang selama 20 menit. Selanjutnya 5 µl sampel campuran darah dan ragi roti diamati dengan menggunakan kaca preparat dengan ukuran 1 - 1,2 mm dengan pewarnaan giemsa. Proses pewarnaan sediaan ulas dengan Giemsa dikerjakan sesuai dengan prosedur (Pritchard and Kruse, 1982): Aktifitas fagositosis dinyatakan dengan jumlah sel yang memfagosit/100 sel fagosit yang diamati dikali 100% (Wulansari, 2009).

Analisis Data

Data dianalisis menggunakan perangkat lunak SPSS (IBM statistics v.20) dan data analisis secara statistik menggunakan satu cara program ANOVA dan evaluasi media dilakukan menggunakan tes LSD (*least significance difference*) dengan 3 pengulangan.

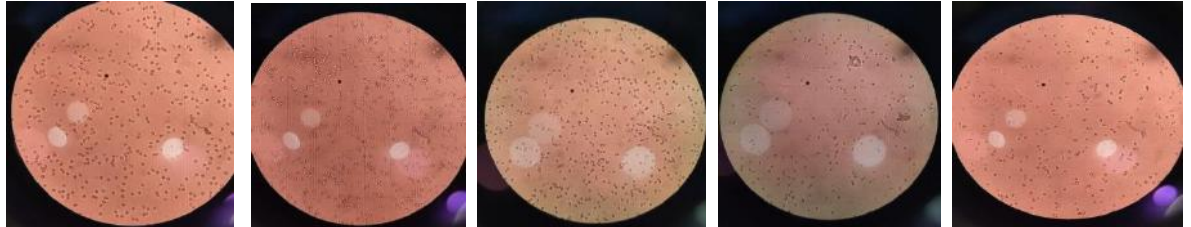
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Hematologi

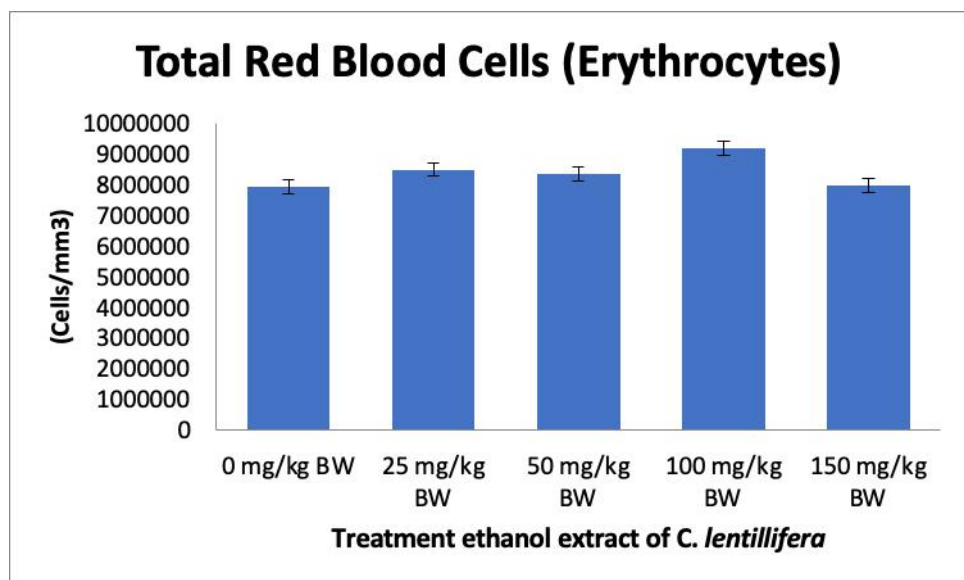
Eritrosit

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan terhadap kondisi sel darah pada mencit balb/c masing-masing perlakuan dosis dari ekstrak etanol *Caulerpa lentillifera* diperoleh hasil rata-rata jumlah sel darah merah (sel/mm^3) sebagai berikut (Gambar 1)

A.



B.



Gambar 1. Hasil pengaruh ekstraksi etanol *Caulerpa lentillifera* terhadap sel darah merah eritrosit. A morfologi sel darah merah eritrosit; B Total sel darah merah eritrosit.

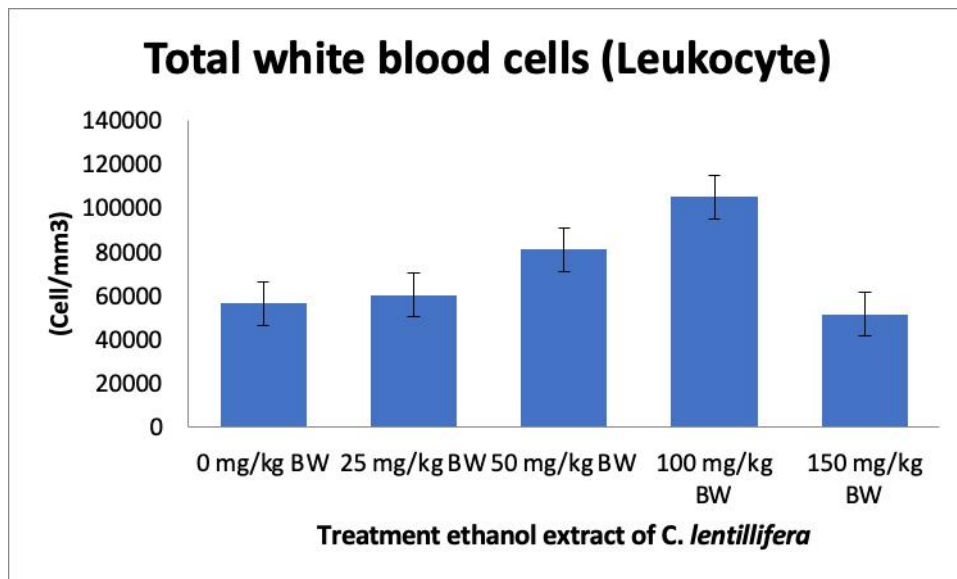
Total sel darah merah yang berhasil didapatkan yakni sebesar 7×10^6 – $9,19 \times 10^6$ sel/mm^3 . Secara keseluruhan terjadi ekstrak etanol dari *Caulerpa lentillifera* menstimulus peningkatan total sel darah merah eritrosit apabila dibandingkan dengan kontrol. Hasil tertinggi didapatkan pada perlakuan dosis 100 mg/kg BW dengan sebesar rata-rata 9190000 sel/mm^3 . Sebaliknya, rata-rata total sel darah merah terendah didapatkan pada dosis perlakuan kontrol. Sel darah merah memainkan peran penting dalam mendukung metabolisme jaringan. Sel darah merah yang efisien diperlukan untuk mempertahankan oksigenasi jaringan dan keseimbangan asam-basa (Gao, et al., 2019).

Sel darah merah mampu berinteraksi dan berkomunikasi dengan sel endotel, trombosit, dan makrofag. Selain itu, mereka terlibat dalam pemeliharaan trombusis dan hemostasis dan memainkan peran penting dalam respon imun (Pretini, et al., 2019). Meningkatkan sel darah merah juga bertanggung jawab

untuk transportasi oksigen dalam sel Th2 tubuh manusia yang terlibat dalam sel-sel imun macrophages. Apabila terjadi ketidakseimbangan Th1/Th2 berkaitan dengan terjadinya berbagai penyakit (Huang et al., 2020)

Leukosit

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan terhadap kondisi total sel darah putih atau leukosit pada mencit balb/c masing-masing perlakuan dosis dari ekstrak etanol *Caulerpa lentillifera* diperoleh hasil rata-rata jumlah sel darah putih (sel/mm³) sebagai berikut (Gambar 2).

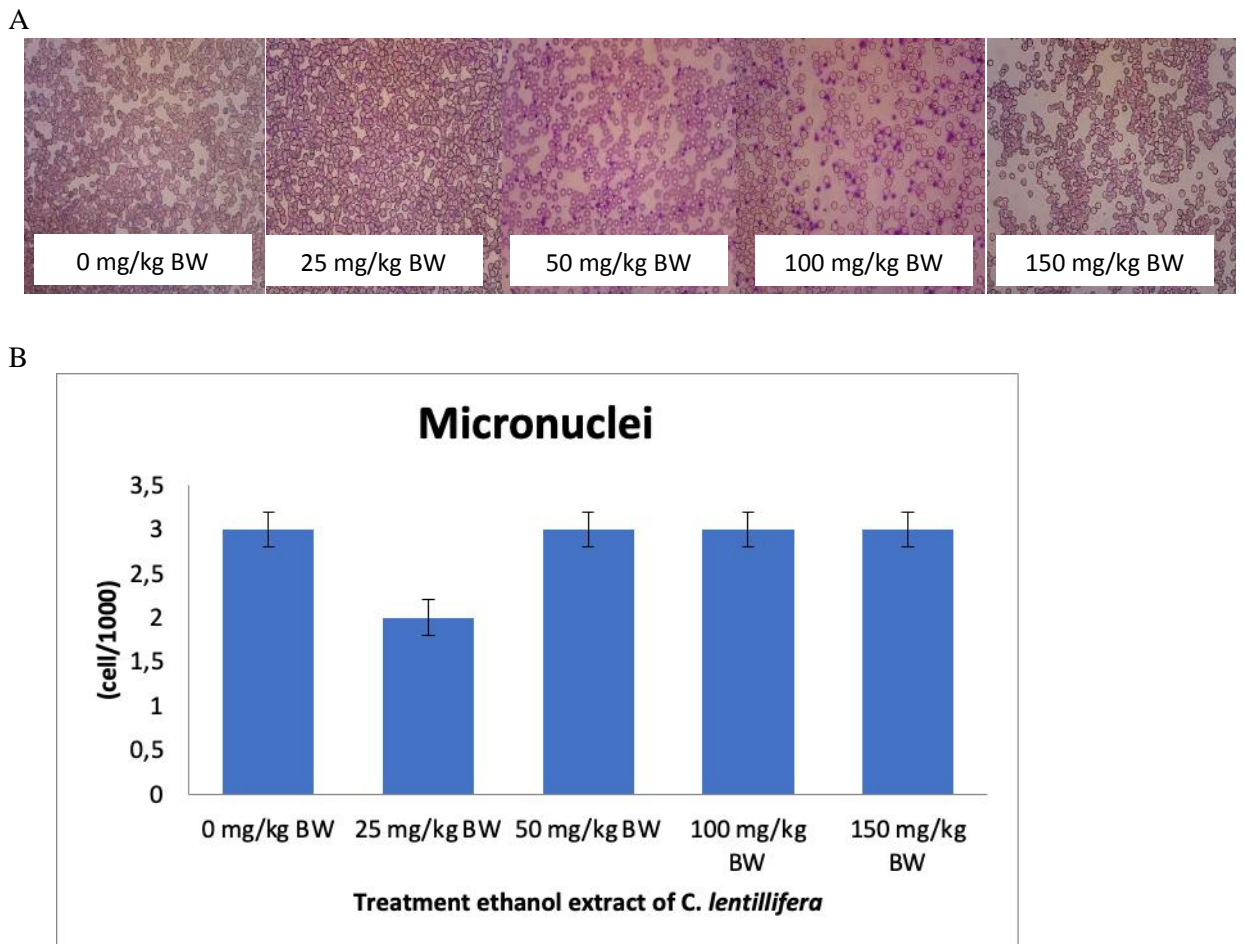


Gambar 2. Hasil pengaruh ekstraksi etanol *Caulerpa lentillifera* terhadap sel darah putih leukosit

Total sel darah putih yang berhasil didapatkan yakni sebesar 51563 – 105210 sel/mm³. Secara keseluruhan, ekstrak etanol dari *Caulerpa lentillifera* menstimulus peningkatan total sel darah putih pada dosis 25, 50, 100 mg/kg BW apabila dibandingkan dengan kontrol. Sel darah putih leukosit telah diamati meningkat signifikan tertinggi didapatkan pada perlakuan dosis 100 mg/kg BW dengan sebesar rata-rata 105210 sel/mm³. Hal yang menarik peningkatan jumlah sel darah putih ini tidak terjadi pada dosis 150 mg/kg BW. Pada dosis tersebut terjadi penurunan dengan rata-rata sebesar 51563 sel/mm³. Hal ini berkaitan dengan hasil analisis FTIR ekstrak *Caulerpa* yang termasuk kategori fenol yang memiliki aktivitas imunostimulan sehingga aktif dalam respon imun terhadap organisme mikroba dan zat asing (Koupenova et al., 2018; Gurven et al., 2020).

Mikronuklei

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan terhadap kondisi mikronuklei pada mencit balb/c masing-masing perlakuan dosis dari ekstrak etanol *Caulerpa lentillifera* diperoleh hasil rata-rata jumlah mikronuklei (sel/mm³) sebagai berikut (Gambar 3)



Gambar 3. Hasil pengaruh ekstraksi etanol *Caulerpa lentillifera* terhadap mikronuklei. A morfologi mikronuklei; B Total mikronuklei.

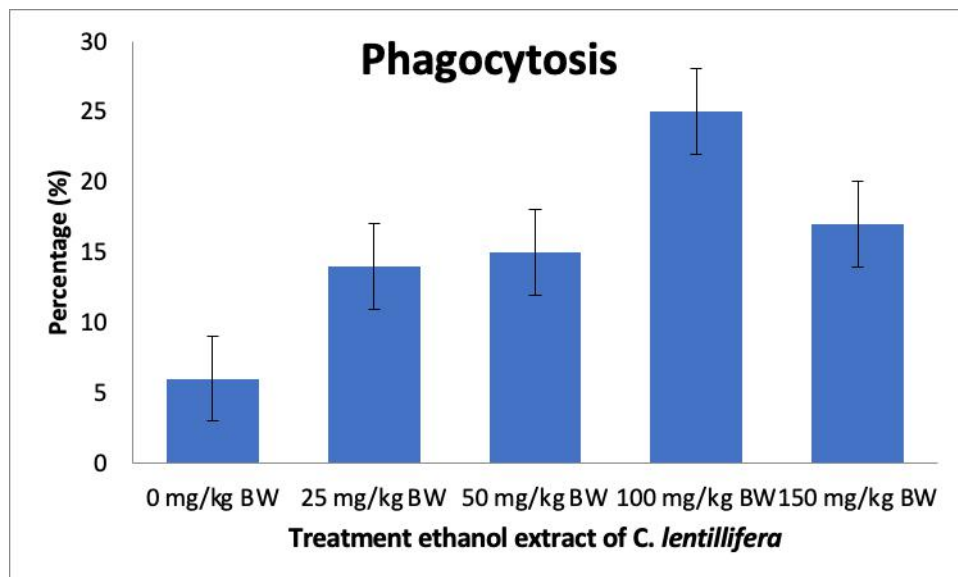
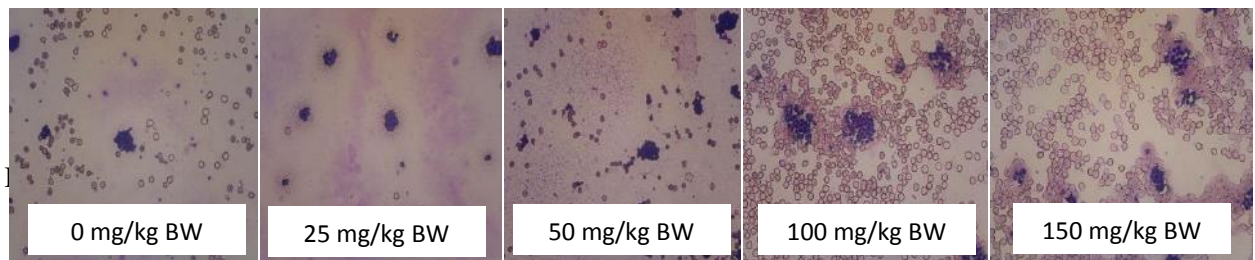
Pada analisis mikronuklei ini bertujuan untuk mengamati dan skrining pengaruh dari ekstrak etanol *Caulerpa lentillifera* ini dari potensi mampu menyebabkan gangguan toksikologi sitogenetik dalam darah. Pada hasil analisis secara keseluruhan menunjukkan tidak ada signifikansi perubahan baik peningkatan maupun penurunan jumlah mikronuklei. Total mikronuklei dari masing-masing dosis perlakuan didapatkan rata-rata bekisar 3-5 sel/mm³. Pada morfologi juga sangat sedikit sekali untuk didapatkan terjadinya mikronuklei. Hal tersebut pada studi ini menunjukkan bahwa ekstrak etanol dari *Caulerpa lentillifera* tidak memiliki pengaruh toksik terhadap sitogenetik dari dosis 25-150 mg/kg BW.

Mikronuklei adalah segmen ekstra inti kromatin yang dapat timbul sebagai akibat dari putusnya untai ganda DNA atau disfungsi aparatus gelendong mitosis. Mikronuklei jarang terbentuk selama mitosis sel sehat, dan dapat berupa fragmen kromosom asentrik atau seluruh kromosom yang gagal digabungkan ke dalam nukleus pada penyelesaian mitosis (Fenech, et al., 2011). Mikronuklei dapat disebabkan oleh akibat akumulasi kerusakan DNA dan aberasi kromosom. Berbagai agen genotoksik dapat menginduksi pembentukan Mikronuklei yang menyebabkan kematian sel, ketidakstabilan genom, atau perkembangan kanker. mekanisme genetik dan epigenetik pembentukan Mikronuklei setelah berbagai efek *clastogenic* dan *aneugenic* pada pembelahan sel dan siklus sel (Luzhna et al., 2013).

Fagositosis

Setelah perlakuan darah yang telah didapatkan selanjutnya dilakukan analisis fagositosis. Hasil analisis fagositosis masing-masing perlakuan dapat dilihat dibawah ini (Gambar 4).

A



Gambar 4. Hasil pengaruh ekstraksi etanol *Caulerpa lentillifera* terhadap mikronuklei. A morfologi Fagositosis (biru adalah ragi); B Total prosentase aktivitas fagositosis.

Pada analisis aktivitas fagositosis tampak terdapat ragi (ditandai dengan warna biru) yang dimakan oleh sel darah (Gambar 4A). Pada gambar tersebut

menunjukkan bahwasanya peningkatan fagositosis (ditandai dengan ragi yang dimakan darah) terjadi dengan semakin tingginya dosis. Hal tersebut telah dikonfirmasi pada grafik aktivitas fagositosis (Gambar 4B). Pada grafik menunjukkan aktivitas fagositosis meningkat secara signifikan dengan jumlah fagositosis pada dosis ekstrak etanol *Caulerpa lentillifera* dosis 100 mg/kg BW jika dibandingkan dengan kontrol. Hal yang menarik pada dosis 150 mg/kg BW terjadi penurunan aktivitas fagositosis. Diduga dikarenakan adanya homeostasis pada sel.

Peningkatan aktivitas fagositosis oleh *Caulerpa lentillifera* juga telah dilaporkan oleh Fajriah et al. (2020) secara *in vitro* yakni terdapat aktivitas fagositosis sel macrophages RAW 264,7 yang diberikan perlakuan ekstrak *Caulerpa lentillifera* menggunakan uji fagositosis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beberapa sel RAW 264,7 dengan perlakuan LPS, Beta-glukan dan ekstrak *Caulerpa lentillifera* diduga melakukan pembentukan sel raksasa sebagai hasil aktivitas fagositosis. Secara keseluruhan pada hasil penelitian tersebut dapat dilihat bahwa ekstrak air dari *Caulerpa lentillifera* mampu meningkatkan aktivitas fagositosis sebagai salah satu indikator imunostimulan.

Telah diketahui bahwa *Caulerpa lentillifera* memiliki beberapa obat sifat termasuk modulasi sel imun. Dalam studi ini, sel kultur RAW 264,7 dipilih untuk menilai efek imunomodulator dari ekstrak *Caulerpa lentillifera*. Fagositosis adalah fungsi dasar sel imun untuk menghilangkan bahan asing termasuk pathogen (Septama, et al., 2018).

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwasanya didapatkan temuan yang menunjukkan rumput laut, *Caulerpa lentillifera* merupakan jenis rumput laut yang memiliki aktivitas immunomodulasi melalui peningkatan profil hematology dan fagositosis sebagai respon imun secara *in vivo*. Dengan dosis 100 mg/kg BW dapat dijadikan rekomendasi dalam efek peningkatan sistem imun.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, H. L., Brodsky, I. E., & Mangalmurti, N. S. 2018. The evolving erythrocyte: red blood cells as modulators of innate immunity. *The Journal of Immunology*, 201(5), 1343-1351.
- Darbonne WC, Rice GC, Mohler MA, Apple T, Hbert CA, Valente AJ, Baker JB. 1991. Red blood cells are a sink for interleukin 8, a leukocyte chemotaxin. *Journal of Clinical Investigation.*; 88:1362–1369. [PubMed: 1918386]
- Fajriah, S., Handayani, S., Sinurat, E., Megawati, M., Darmawan, A., Hariyanti, H., ... & Septama, A. W. 2020. *In vitro* Immunomodulatory Effect from Edible Green Seaweed of *Caulerpa lentillifera* Extracts on Nitric Oxide

- Production and Phagocytosis Activity of RAW 264.7 Murine Macrophage Cells. *Journal of Young Pharmacists*, 12(4), 334.
- Fenech M. 2011. Molecular mechanisms of micronucleus, nucleoplasmic bridge and nuclear bud formation in mammalian and human cells. *Mutagenesis*. 26:125–32.
- Gao, H. Qu, Z. Gao, D. Zeng, J. Wang, D. Baranenko, Y. Li and W. Lu, 2019. Protective effects of *Ulva pertusa* polysaccharide and polysaccharide-iron(III) complex on cyclophosphamide induced immunosuppression in mice, *Int. J. Biol. Macromol.* 133, 911–919.
- Goyal, P. 2020. Clinical characteristics of Covid-19 in New York City. *N. Engl. J. Med.* 382, 2372–2374.
- Grasselli, G. 2020. Baseline characteristics and outcomes of 1591 patients infected with SARS-CoV-2 admitted to ICUs of the Lombardy region, Italy. *JAMA* 323, 1574–1581.
- Gurven, T. S. Kraft, S. Alami, J. C. Adrian, E. C. Linares, D. Cummings, D. E. Rodriguez, P. L. Hooper, A. V. Jaeggi, R. Q. Gutierrez. 2020. Rapidly declining body temperature in a tropical human population, *Sci. Adv.*, 2020, 6(44), eabc6599.
- Holman, N. 2020. Risk factors for COVID-19-related mortality in people with type 1 and type 2 diabetes in England: a population-based cohort study. *Lancet Diabetes Endocrinol.* 8, 823–833.
- Hotz MJ, Qing D, Shashaty MGS, Zhang P, Faust H, Sondheimer N, Rivella S, Worthen GS, Mangalmurti NS. 2017. RBCs Homeostatically Bind mtDNA Through TLR9 to Maintain Quiescence and Prevent Lung Injury. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 1–52.
- Huang, M. Zhou, S. Cheng, Y. Hu, M. Gao, Y. Ma, Y. Limpanont, H. Zhou, P. Dekumyoy, Y. Cheng. 2020. Myricetin possesses anthelmintic activity and attenuates hepatic fibrosis via modulating TGFβ1 and Akt signaling and shifting Th1/Th2 balance in schistosoma japonicum infected mice, *Front. Immunol.*, 2020, 11, 593.
- Hussain B, Sultana T, Sultana S, Masoud MS, Ahmed Z, Mahboob S. 2018. Fish eco-genotoxicology: Comet and micronucleus assay in fish erythrocytes as in situ biomarker of freshwater pollution. *Saudi Journal of Biological Sciences* 25:393–398
- Ji D, Zhang D, Xu J, 2020. Prediction for Progression Risk in Patients with COVID-19 Pneumonia: the CALL Score. *Clin Infect Dis.* 71:1393–9
- Koupenova, L. Clancy, H. A. Corkrey and J. E. Freedman. 2018. Circulating platelets as mediators of immunity, inflammation, and thrombosis, *Circ. Res.* 122(2), 337–351
- Lubis, N. G., Sugito, S., Zuhrawati, Z., Zuraidawati, Z., Asmilia, N., Hamny, H., & Balqis, U. 2016. Efek Peningkatan Suhu Terhadap Jumlah Leukosit Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Medika Veterinaria*, 10(1), 31.
- Luzhna, L., Kathiria, P., & Kovalchuk, O. 2013. Micronuclei in genotoxicity assessment: from genetics to epigenetics and beyond. *Frontiers in genetics*, 4, 131.
- Mao B, Liu Y, Chai Y. 2020. Assessing risk factors for SARS-CoV-2 infection in patients presenting with symptoms in Shanghai, China: a multicentre, observational cohort study. *Lancet Digit Health.* 2020;2:e323–30

- Myers, L. C., Parodi, S. M., Escobar, G. J. & Liu, V. X. 2020. Characteristics of hospitalized adults with COVID-19 in an integrated health care system in California. *JAMA* 323, 2195–2198.
- Nemzek JA, Siddiqui J, Remick DG. 2001. Development and optimization of cytokine ELISAs using commercial antibody pairs. *J Immunol Methods*, 255, 149-157.
- Neote K, Darbonne W, Ogez J, Horuk R, Schall TJ. 1993. Identification of a promiscuous inflammatory peptide receptor on the surface of red blood cells. *Journal of Biological Chemistry*. 268:12247–12249. [PubMed: 8389755]
- Piccininni M, Rohmann J, Foresti L. 2020. Use of all cause mortality to quantify the consequences of covid-19 in Nembro, Lombardy: descriptive study. *BMJ*. 2020;369:m1835.
- Piva, S. 2020. Clinical presentation and initial management critically ill patients with severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) infection in Brescia, Italy. *J. Crit. Care* 58, 29–33.
- Pretini, M. H. Koenen, L. Kaestner, M. Fens, R. M. Schiffelers, M. Bartels and R. Van Wijk. 2019. Red blood cells: chasing interactions, *Front. Physiol.*10, 945.
- Septama AW, Jantan I, Panichayupakaranant P. Flavonoids of *Artocarpus heterophyllus* Lam. 2018. heartwood inhibit the innate immune responses of human phagocytes. *J Pharm Pharmacol*. 70(9):1242-52.
- Wulansari. 2009. Pengaruh Ekstrak Air dan Ethanol *Alpinia* spp terhadap aktifitas dan Kapasitas Fagositosis Sel Macrophage yang Diinduksi dari Bakteri *Stapilococcus Epidermis* Secara In Vitro. Pusat Penelitian Biologi LIPI. Bogor.
- Wynants L, Van Calster B, Bonten. 2020. Prediction models for diagnosis and prognosis of covid-19 infection: systematic review and critical appraisal. *BMJ*. 369:1328

SIMULASI ANALISIS KELAYAKAN USAHA BUDIDAYA IKAN BANDENG (*Chanos chanos*) KUARTAL PERTAMA TAHUN 2022

Muh. Sulaiman Dadiono^{1*}, Rudy Wijaya¹, Rima Oktavia Kusuma¹, Aminin²

¹Program Studi Akuakultur, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto

²Program Studi Akuakultur, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Gresik

*Email : sdadiono@unsoed.ac.id; sdadiono@gmail.com

ABSTRACT

*In the first quarter of 2022 (1 January – 31 March) in Indonesia, there are problems related to the increase in the prices of basic necessities which can increase the amount of initial capital needed in a milkfish (*Chanos-chanos*) cultivation business. So it is necessary to conduct an initial simulation study of the feasibility analysis of milkfish cultivation to determine the capital and business feasibility for milkfish cultivation in the first quarter of 2022. The method used in this study is a library research method, where the data collection method is entirely with data. Secondary or literature study. Secondary data is collected by reviewing from references in the form of journals, books, and online articles that are still related. The calculation of business feasibility analysis is carried out by calculating investment costs, fixed costs, variable costs, calculating production costs, revenues, profits, BEP Rupiah, BEP Units, R/C Ratio, and PBP. Furthermore, an analysis of the supporting and inhibiting factors of the business as well as an analysis of the marketing strategy in the milkfish cultivation business was carried out. The results of the calculation of business feasibility simulations show that the production cost is Rp. 78.276.800, revenue is Rp. 1.344.000.000, profit is Rp. 950.861.600, Rupiah BEP is Rp. 192.549.566, which means the turning point will be achieved if sales reach Rp. 192.549,566. , BEP Unit is 9627 fish, which means the turning point will be reached if milkfish production reaches 9,627 fish. The R/C Ratio obtained is 1.7 and the PBP is 0.3 years, where the investment capital of this milkfish cultivation business will return within a period of 0.3 years or 3.6 months. Therefore, the milkfish cultivation business for the first quarter of 2022 can be said to be profitable and feasible to run.*

Keywords: *Chanos chanos, Feasibility analysis, Milkfish Cultivation*

ABSTRAK

Kuartal pertama tahun 2022 (1 Januari – 31 Maret) terdapat permasalahan terkait dengan kenaikan harga-harga kebutuhan pokok yang dapat meningkatkan

jumlah modal awal yang diperlukan dalam suatu usaha budidaya ikan bandeng (*Chanos-chanos*) di Indonesia. Maka perlu dilakukan suatu kajian simulasi awal analisis kelayakan usaha budidaya ikan bandeng untuk mengetahui modal dan kelayakan usaha pada usaha budidaya ikan bandeng di kuartal pertama 2022. Metode yang digunakan pada kajian ini merupakan metode kajian pustaka atau *library research*, yang mana cara pengumpulan data sepenuhnya dengan data sekunder atau studi pustaka. Data sekunder dikumpulkan dengan cara mengkaji dari referensi berupa jurnal, buku dan artikel online yang masih berhubungan. Perhitungan analisis kelayakan usaha dilakukan dengan perhitungan biaya investasi, biaya tetap, biaya variable, perhitungan biaya produksi, penerimaan, keuntungan, BEP Rupiah, BEP Unit, R/C Ratio dan PBP.

Selanjutnya dilakukan analisis faktor pendukung dan penghambat usaha serta analisis strategi pemasaran pada usaha budidaya ikan bandeng. Hasil perhitungan simulasi kelayakan usaha diperoleh biaya produksi sebesar Rp 78.276.800, penerimaan sebesar Rp 1.344.000.000, keuntungan sebesar Rp 950.861.600, BEP Rupiah sebesar Rp 192.549.566 yang berarti titik balik modal akan tercapai jika penjualan mencapai Rp 192.549.566, BEP Unit sebesar 9627 ekor ikan yang artinya titik balik modal akan tercapai jika produksi ikan bandeng mencapai 9.627 ekor. R/C Ratio diperoleh sebesar 1.7 dan PBP sebesar 0.3 Tahun dimana modal investasi usaha budidaya ikan bandeng ini akan kembali dalam kurun waktu 0,3 tahun atau 3,6 bulan. Maka dari itu, usaha budidaya ikan bandeng untuk kuartal pertama tahun 2022 dapat dikatakan menguntungkan dan layak untuk dijalankan.

Kata Kunci: *Chanos chanos*, Analisis Kelayakan Usaha, Budidaya Ikan Bandeng

PENDAHULUAN

Sektor perikanan bisa menjadi sumberdaya potensial yang memiliki potensi baru dalam wilayah perairan nasional yang mana memiliki tingkat keanekaragaman hayati yang paling tinggi, yaitu 37% dari spesies ikan yang ada di dunia. Budidaya ikan bandeng (*Chanos-chanos*) telah lama dilakukan di Indonesia terutama dijadikan kebutuhan konsumsi bagi masyarakat (Saadah, 2010; Faruq et al., 2019). Ikan bandeng memiliki kandungan gizi yang sangat baik dan digolongkan sebagai ikan berprotein tinggi dan berlemak rendah. Komposisi ikan bandeng per seratus gram antara lain terdiri dari air (76 %), protein (17 %), lemak (4,5 %), vitamin (4,5 %) dan mineral (2,52 %). Semakin tinggi kadar air suatu bahan pangan maka semakin besar kemungkinannya, baik sebagai akibat aktivitas biologis internal maupun masuknya mikroba perusak (Florensia et al., 2012).

Ikan bandeng memiliki sifat *euryhaline* sehingga dapat dibudidayakan di air asin, payau dan tawar (Saadah, 2010). Selain itu bandeng relatif tahan terhadap berbagai jenis penyakit yang biasanya menyerang hewan air. Saat ini sebagian besar budidaya bandeng masih dikelola dengan teknologi yang sederhana dengan tingkat produktivitas yang relatif rendah. Jika dikelola dengan sistem yang lebih

intensif, maka produktivitas bandeng dapat ditingkatkan hingga 3 kali lipatnya (Fauzi, 2020).

Komoditas unggulan yang di budidayakan dalam tambak bandeng memiliki peluang pasar cukup menjanjikan. Hal ini turut didukung dengan harga yang stabil dan tingginya permintaan pasar domestik maupun ekspor. Harga yang relatif stabil bahkan cenderung meningkat menjadikannya daya tarik tersendiri. Nilai ekonomi yang tinggi serta harga yang relatif terjangkau tersebut dapat membuat peluang pasar bagi komoditas bandeng masih terbuka lebar terutama dalam pasar ekspor. Ikan bandeng untuk keperluan pengolahan bandeng dicabut durinya dan bandeng dalam bentuk olahan presto juga itu sangat tinggi pada permintaan pasar (Triyanti dan Hikmah, 2015).

Pada kuartal pertama tahun 2022, yaitu per tanggal 1 Januari – 31 Maret di Indonesia terdapat permasalahan terkait dengan kenaikan harga-harga kebutuhan pokok yang dapat meningkatkan jumlah modal awal yang diperlukan dalam suatu usaha budidaya ikan bandeng. Oleh karena itu diperlukan studi simulasi tentang analisis kelayakan usaha budidaya ikan bandeng di kuartal pertama tahun 2022. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui simulasi analisis kelayakan usaha budidaya ikan bandeng di kuartal pertama tahun 2022 khususnya di Indonesia.

METODE PENELITIAN

Simulasi analisis kelayakan usaha budidaya ikan bandeng (*Chanos chanos*) dilakukan pada kuartal pertama Tahun 2022, yakni bulan Januari sampai Maret. Metode yang digunakan pada kajian ini merupakan metode kajian pustaka atau *library research*, yang mana cara pengumpulan data sepenuhnya dengan data sekunder atau studi pustaka. Data sekunder dikumpulkan dengan cara mengkaji dari referensi berupa jurnal, buku dan artikel online yang masih berhubungan (Dadiono dan Aminin, 2021; Halim et al., 2021), simulasi yang dikaji merupakan data tentang budidaya ikan bandeng dan pencarian daftar harga dari berbagai alat dan bahan yang digunakan untuk budidaya ikan bandeng, pencarian daftar harga alat dan bahan digunakan untuk simulasi perhitungan analisis kelayakan usaha budidaya ikan bandeng untuk periode Januari-Maret 2022. Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan *search engine Google* atau *Google Scholar* (Dadiono dan Andayani, 2022), dengan kata kunci budidaya ikan bandeng (*Chanos chanos*). Data yang didapatkan kemudian dianalisis menggunakan metode deskriptif (Dadiono dan Suryawinata, 2021; Dadiono et al., 2022). Metode deskriptif dilakukan dengan cara mendiskripsikan hasil pembahasan lalu menarik kesimpulannya dan dilakukan perhitungan analisis kelayakan usahanya (Halim dan Dadiono, 2021; Dadiono dan Suryawinata, 2022).

Analisis kelayakan usaha budidaya ikan bandeng dilakukan dengan melakukan perhitungan biaya investasi, biaya tetap, dan biaya variabel. Kemudian dilanjutkan dengan perhitungan biaya produksi, penerimaan, keuntungan, BEP Rupiah, BEP Unit, R/C Ratio dan PBP. Selanjutnya dilakukan analisis faktor pendukung dan penghambat usaha budidaya bandeng serta strategi pemasaran pada usaha budidaya ikan bandeng.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Biaya Investasi, Biaya Tetap dan Biaya Variabel

Usaha budidaya ikan bandeng merupakan salah satu jenis usaha di bidang perikanan dan kelautan yang dalam pelaksanaannya bertujuan untuk menghasilkan produksi, pendapatan dan keuntungan sehingga diperlukan biaya-biaya yang meliputi biaya tetap (*fixed cost*) maupun biaya tidak tetap (*variable cost*). Keuntungan dalam melakukan suatu usaha adalah tujuan utama bagi pelaku usaha, agar usaha yang dijalankan terus dapat berkembang dan maju. Oleh karena itu, penerapan prinsip ekonomi bagi pelaku ekonomi dalam menjalankan usahanya harus diupayakan. Pengertian prinsip ekonomi dalam melakukan kegiatan usaha adalah bagaimana cara menjalankan usaha untuk mendapatkan keuntungan sebesar-besarnya dengan biaya yang dikeluarkan sekecil-kecilnya.

Total biaya investasi yang dikeluarkan untuk usaha budidaya ikan bandeng dengan luas lahan 5000 m² pertahun adalah sebesar Rp257.380.000,00. Secara rinci struktur biaya investasi, biaya tetap, dan biaya variabel dalam usaha budidaya ikan bandeng disajikan pada Tabel 1-3.

Tabel 1. Biaya Investasi

No	Uraian	Jumlah Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Biaya (Rp)
1	Tanah (Bisa Biaya Sewa)	5000 m2	250.000.000 (Harga Asumsi)	250.000.000
2	Mesin pompa	1 unit	2.500.000	2.500.000
3	Pintu air	2 unit	1.500.000	3.000.000
4	Lampu	2 unit	100.000	200.000
5	Tempat ikan	4 unit	150.000	600.000
6	Serokan	3 unit	30.000	90.000
7	Steorofoam	5 unit	50.000	250.000
8	Bak/Ember	4 unit	30.000	120.000
9	Jala	2 unit	130.000	260.000
10	Jaring/Waring	1 unit	360.000	360.000
Total				257.380.000

Tabel 2. Biaya Tetap

No	Uraian	Jumlah Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Biaya (Rp)	Biaya Pertahun (Rp)
1	Penyusutan investasi				33,786,400
3	PBB	1 tahun	300,000	300,000	300,000
4	Gaji pegawai	5	2,000,000	10,000,000	120,000,000

No	Uraian	Jumlah Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Biaya (Rp)	Biaya Pertahun (Rp)
		orang/bulan			
5	Listrik	1 bulan	100,000	100,000	1,200,000
6	PAM	1 bulan	160,000	160,000	1,920,000
7	Telepon	1 bulan	150,000	150,000	1,800,000
Total				10,710,000	159,006,400

Tabel 3. Biaya Variabel

No	Uraian	Jumlah Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Biaya (Rp)	Biaya Pertahun (Rp)
1	Benih bandeng	48000 ekor/siklus	1,000	48,000,000	96,000,000
2	Pakan buatan	3435 kg/siklus	15,000	51,525,000	103,050,000
3	Pupuk urea	354 kg/siklus	18,000	6,372,000	12,744,000
4	Pupuk TSP	409 kg/siklus	17,000	6,953,000	13,906,000
5	Vitamin	24 pack/siklus	35,000	840,000	1,680,000
6	Obat-obatan	52 pack/siklus	45,000	2,340,000	4,680,000
7	BBM	74 liter/siklus	14,000	1,036,000	2,072,000
Total				117,066,000	234,132,000

Simulasi Analisis Kelayakan Usaha

Perhitungan simulasi analisis kelayakan usaha budidaya ikan bandeng dilakukan dengan melakukan perhitungan biaya produksi, penerimaan, keuntungan, BEP Rupiah, BEP Unit, R/C Ratio dan PBP.

1. Biaya Produksi

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya produksi} &= \text{Biaya Tetap} + \text{Biaya Variabel} \\
 &= \text{Rp}159.006.400 + \text{Rp}234.132.000 \\
 &= \text{Rp}393.138.400/\text{siklus} \\
 &= \text{Rp}393.138.400 \times 2 \text{ siklus} \\
 &= \text{Rp}786.276.800,00
 \end{aligned}$$

2. Penerimaan

$$\begin{aligned}
 \text{TR} &= Q (\text{Quantity}) \times P (\text{Price}) \\
 Q &= \text{SR produksi} = \text{SR} \times \text{jumlah benih/ikan} \\
 &= 70 \% \times \text{Rp}48.000 \\
 &= \text{Rp}33.600 \\
 \text{TR} &= \text{Rp}33.600 \times \text{Rp}20.000
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \text{Rp}672.000.000 \text{ per siklus} \\ &= \text{Rp}672.000.000 \times 2 \text{ siklus} \\ &= \text{Rp}1.344.000.000 \end{aligned}$$

3. Keuntungan

$$\begin{aligned} \text{Keuntungan} &= \text{Penerimaan 1 tahun} - \text{Biaya Tetap} - \text{Biaya Variabel} \\ &= \text{Rp}1.344.000.000 - \text{Rp}159.006.400 - \text{Rp}234.132.000 \\ &= \text{Rp}950.861.600 \end{aligned}$$

4. BEP

Perhitungan BEP dibagi menjadi yaitu BEP Rupiah dan BEP Unit, sebelum dilakukan perhitungan BEP terlebih dahulu dilakukan perhitungan VC atau Total biaya variabel dalam 1 tahun.

$$\begin{aligned} \text{VC (Total Biaya Variabel 1 Tahun)} &= \text{Biaya Variabel/Jumlah Produksi} \\ &= \text{Rp}234.132.000 / \text{Rp}67.200 \\ &= \text{Rp}3.484.107 \end{aligned}$$

BEP (Rupiah)

$$\begin{aligned} \text{BEP (Rp)} &= \text{FC (Biaya Tetap)} / 1 - (\text{Vc}/\text{P}) \\ \text{BEP (Rp)} &= \text{Rp}159.006.400 / 1 - (\text{Rp}3.884.107/\text{Rp}20.000) \\ \text{BEP (Rp)} &= \text{Rp}192.549.566 \end{aligned}$$

Maka, artinya titik balik modal akan tercapai jika penjualan ikan bandeng mencapai Rp192.549.566,00

BEP (Unit)

$$\begin{aligned} \text{BEP (Unit)} &= \text{FC (Biaya tetap)} / \text{P} - \text{Vc} \\ \text{BEP (Unit)} &= \text{Rp}159.006.400 / 16.516 \\ \text{BEP (Unit)} &= 9627.47 \text{ ekor} \\ \text{BEP (Unit)} &= 9627 \text{ ekor ikan} \end{aligned}$$

Maka, artinya titik balik modal akan tercapai bila produksi ikan bandeng mencapai 9.627 ekor.

5. R/C Ratio

$$\begin{aligned} \text{R/C Ratio} &= \text{Total Pendapatan} / \text{Biaya Produksi} \\ \text{R/C Ratio} &= \text{Rp} 1.344.000.000 / \text{Rp}786.276.800 \\ \text{R/C Ratio} &= 1.7 \end{aligned}$$

Dari perhitungan R/C ratio didapatkan hasil lebih dari 1, artinya setiap penambahan biaya sebesar Rp 1 akan memperoleh penerimaan sebesar Rp 1,7 atau memperoleh keuntungan sebesar 1,7 kali lipat. Dengan demikian usaha budidaya ikan bandeng ini dikatakan menguntungkan.

6. PBP

$$\begin{aligned} \text{PBP} &= \text{Investasi} / \text{Keuntungan} \times 1 \text{ Tahun} \\ \text{PBP} &= \text{Rp} 257.380.000 / \text{Rp} 950.861.600 \times 1 \text{ Tahun} \end{aligned}$$

$$\text{PBP} = 0.270680823$$
$$\text{PBP} = 0.3 \text{ Tahun}$$

Hasil perhitungan PBP tersebut menunjukkan bahwa seluruh modal investasi usaha budidaya ikan bandeng ini akan kembali dalam kurun waktu 0,3 tahun atau 3,6 bulan.

Faktor Pendukung dan Penghambat Usaha Budidaya ikan Bandeng

Dalam menentukan strategi pengembangan usaha budidaya ikan bandeng diperlukan perpaduan dua faktor, yaitu faktor pendukung dan penghambat. Faktor pendukung harus diperhatikan agar dapat mengoptimalkan usaha sehingga usaha tersebut dapat lebih berkembang. Selain faktor pendukung, pembudidaya ikan bandeng juga harus memperhatikan faktor penghambat untuk meminimalisir hambatan yang ada pada usaha yang dilakukan.

Faktor pendukung yang mempengaruhi usaha budidaya ikan bandeng yaitu ketersediaan benih, kebersihan lingkungan, dan adanya saluran pemasaran yang lancar. Benih ikan bandeng merupakan faktor utama yang mempengaruhi keberhasilan budidaya ikan bandeng. Biasanya para pembudidaya mempunyai langganan penjual benih yang akan selalu mengantarkan benih ke pembudidaya sehingga pembudidaya mudah memperoleh benih dan dapat memperkecil biaya untuk budidaya ikan bandeng. Lingkungan tambak yang bersih dapat mempengaruhi kelancaran budidaya ikan bandeng. Kebersihan dapat dilakukan dengan cara membuang rumput-rumput yang berada di sekitar kolam. Pemasaran hasil budidaya bandeng dapat dilakukan dengan cara pembeli akan datang langsung ke tambak untuk membeli hasil panen dan melakukan transaksi jual beli di lokasi pembudidaya, sehingga pembudidaya lebih mudah dalam melakukan pemasaran hasil panennya. Selain itu, hasil panen juga dapat dibawa langsung oleh para pembudidaya ke Tempat Pelelangan Ikan (TPI) pada pagi hari saat ikan masih segar (Sholikha, 2015).

Selain faktor pendukung, ada juga beberapa faktor yang dapat menghambat usaha budidaya ikan bandeng, antara lain: produktivitas yang masih rendah, kualitas dan kuantitas benih rendah, belum dilaksanakannya praktek “Cara Pembenihan Ikan yang Baik” (CPIB) dan “Cara Budidaya Ikan yang Baik” (CBIB), tingginya harga pakan, kurangnya penanganan terhadap munculnya penyakit ikan, terbatasnya informasi teknologi dan pasar, serta resiko berkurangnya kualitas ikan dalam pengangkutan menurunkan harga jual di pasaran menyebabkan para pembudidaya sulit menetapkan standar harga. Selain itu, terbatasnya sumberdaya manusia, kelembagaan, pengetahuan dan teknologi budidaya yang dimiliki oleh pembudidaya, kurangnya penguatan kelembagaan sosial-ekonomi dan permodalan, kurangnya investor sektor swasta dalam pengembangan industrialisasi perikanan budidaya, terbatasnya modal bagi para pembudidaya, pedagang maupun pengolah, dan terbatasnya fasilitas kredit yang diberikan oleh perbankan (Triyanti dan Hikmah, 2015).

Strategi Pemasaran Usaha budidaya Ikan Bandeng

Ikan bandeng (*Chanos Chanos*) merupakan salah satu jenis ikan konsumsi yang cukup populer di masyarakat Indonesia. Ikan bandeng termasuk ikan yang mudah dicari di pasaran, dikarenakan masyarakat Indonesia banyak yang membudidayakannya. Selain itu, ikan bandeng juga cenderung mudah dalam pemasarannya karena dapat dijual dalam bentuk ikan segar dan juga dijual dalam bentuk produk olahan perikanan. Meskipun sudah cukup terkenal di pasaran dan digemari oleh masyarakat, dalam hal pemasarannya perlu dikembangkan lagi yaitu dengan melakukan strategi pemasaran yang tepat dan efisien. Strategi pemasaran ini dilakukan agar bisnis ikan bandeng semakin berkembang dan semakin laku di pasaran. Strategi pemasaran ikan bandeng dapat dilakukan dengan menggunakan strategi pemasaran langsung dan tidak langsung. Strategi pemasaran langsung dilakukan dengan untuk menjual produk secara langsung ke konsumen, misalnya menjualnya langsung di pasar dalam bentuk ikan bandeng segar. Sedangkan pemasaran tidak langsung dilakukan dengan menjual produk melalui media perantara tanpa harus terlihat sedang menjual.

Dewasa ini, dimana hampir semua serba digital dapat menjadi sebuah alternatif pemasaran ikan bandeng yaitu dengan melakukan pemasaran secara digital. Pemasaran ikan bandeng secara digital ini dilakukan dengan menjual berbagai produk ikan bandeng secara *online* melalui media sosial maupun platform online lainnya yang mendukung. Beberapa media sosial *online* yang dapat digunakan untuk memasarkan ikan bandeng seperti *facebook*, *Instagram*, *twitter*, dan sebagainya. Pemasaran digital adalah solusi bagi pemasaran produk yang berkembang dengan sangat pesat dan murah untuk menjangkau pelanggan secara maksimum tanpa batas apapun. Melalui penyesuaian *digital marketing*, pengelola dapat menyampaikan pesan mereka hanya kepada pelanggan yang berpotensi dan banyak pelanggan baru dapat tertarik dengan menggunakan teknik yang berbeda. Adanya pemasaran digital melalui jejaring sosial ini dapat menjadikan bisnis ikan bandeng semakin berkembang dan dapat menjangkau pasar yang lebih luas. Pemasaran digital ini juga cenderung mudah dilakukan, dimana seseorang yang berperan sebagai produsen dapat mempromosikannya hanya melalui *handphone* atau laptop dan dapat dilakukan di rumah tanpa harus bertemu konsumen secara langsung (Hereyah, 2019).

Disamping melakukan pemasaran secara digital untuk bisnis ikan bandeng, pemasaran secara langsung melalui lembaga-lembaga pemasaran juga perlu dilakukan. Keterlibatan lembaga pemasaran memiliki peranan penting dalam menyalurkan hasil produksi dalam kegiatan pemasaran. Beberapa lembaga pemasaran yang ada terdiri atas petani ikan, tengkulak, pedagang besar, pedagang pengumpul kecamatan dan pedagang pengecer. Hadirnya lembaga pemasaran tersebut akan mempengaruhi besar kecilnya margin pemasaran, keuntungan serta biaya pemasaran yang akan dikeluarkan oleh setiap lembaga pemasaran dalam memasarkan ikan bandeng. Selain adanya lembaga pemasaran, diperlukan juga adanya sebuah saluran pemasaran. Saluran pemasaran adalah sekumpulan organisasi yang saling tergantung yang terlibat dalam proses penyediaan suatu produk ataupun pelayanan untuk digunakan atau dikonsumsi. Saluran pemasaran atau saluran distribusi merupakan serangkaian organisasi yang terkait di dalam suatu kegiatan yang digunakan untuk meyalurkan produk serta status pemilikinya dari produsen ke konsumen (Api *et al.*, 2019).

PENUTUP

Berdasarkan kajian simulasi analisis kelayakan usaha budidaya ikan bandeng yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa usaha budidaya ikan bandeng (*Chanos Chanos*) untuk kuartal pertama tahun 2022 dapat dikatakan menguntungkan atau layak untuk dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Api, M. T., Murtisari, A., dan Saleh, Y. 2019. Saluran Pemasaran Ikan Bandeng Di Kecamatan Popayato Barat Kabupaten Pohuwato. *Jurnal Agronesia*, 3(3), 183- 191.
- Dadiono, M. S., & Aminin, A. (2021). Peningkatan Keterampilan Dan Inovasi Warga Desa Rayunggumuk Kabupaten Lamongan Dalam Memanfaatkan Ikan Nila. *Jurnal Hilirisasi Teknologi Kepada Masyarakat (SITECHMAS)*, 2(2), 75–83. <http://dx.doi.org/10.32497/sitechmas.v2i2.2990>
- Dadiono, M. S., & Suryawinata, I. (2021). Health Management of Humpback Grouper Larvae (*Cromileptes altivelis*) in BBRBLPP Gondol. *Journal of Aquaculture Development and Environment*, 4(2), 239–243. <http://dx.doi.org/10.31002/jade.v4i2.5252>
- Dadiono, M. S., & Andayani, S. (2022). Potensi Tanaman Binahong (*Anredera Cordifolia*) Sebagai Obat Alternatif Pada Bidang Akuakultur. *Jurnal Perikanan Pantura (JPP)*, 5(1), 156-162. <http://dx.doi.org/10.30587/jpp.v5i1.3769>
- Dadiono, M. S., & Suryawinata, I. (2022). PROSES PENANGANAN TELUR KERAPU TIKUS (*Cromileptes Altivelis*) DI BBRBLPP GONDOL. *Jurnal Biogenerasi*, 7(1), 17-22. <https://doi.org/10.30605/biogenerasi.v7i1.1626>
- Dadiono, M. S., Suryawinata, I., & Kusuma, R. O. (2022). PENGELOLAAN PAKAN DAN PENGENDALIAN PENYAKIT LARVA KERAPU TIKUS (*Cromileptes altivelis*). *Jurnal Biogenerasi*, 7(1), 80-84. <https://doi.org/10.30605/biogenerasi.v7i1.1672>
- Faruq, U., Jumadi, R., & Dadiono, M. S. (2019). Pengaruh Frekuensi Pemberian Pakan yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan Ikan Bandeng (*Chanos chanos*). *Jurnal Perikanan Pantura (JPP)*, 2(1), 10-16. <http://dx.doi.org/10.30587/jpp.v2i1.806>
- Fauzi. 2020. Analisis Kelayakan Usaha Pendederan Ikan Bandeng (*Chanos chanos Forskall*) di Kecamatan Gandapura Kabupaten Bireuen. *Jurnal Ilmiah Program Studi Perairan*, 2(2), 112-117.
- Florensia, S., Dewi, P., Utami, N. R. 2012. Pengaruh Ekstrak Lengkuas pada Perendaman Ikan Bandeng terhadap Jumlah Bakteri. *Unnes Journal of Life Science*, 1(2), 113-118.
- Halim, A., & Dadiono, M. (2021). Pelatihan Pembuatan Handsanitizer di Desa Kembaran, Kabupaten Banyumas Sebagai Upaya Pencegahan Covid-19. *Darma Sabha Cendekia*, 3(2), 61-65. doi:10.20884/1.dsc.2021.3.2.4972
- Halim, A. A., Dadiono, M. S., & Kusuma, R. O. (2021). UPAYA PENCEGAHAN PENYEBARAN COVID-19 DI DESA KEMBARAN,

- KECAMATAN KEMBARAN, KABUPATEN BANYUMAS. *At-Tamkin: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(2), 14–19. <https://doi.org/https://doi.org/10.33379/attamkin.v4i2.960>
- Hereyah, Y. 2019. Implementasi Digital Marketing Produk Umkm koperasi Cipta Boga Di Kampung Wisata Eko Kuliner keranggan Kecamatan Setu Tangerang. *Prosiding Comnews*, 358-362.
- Saadah, W. 2010. Analisa Usaha Budidaya Udang Vannamei (*Lithopenaeus vannamei*) dan Ikan Bandeng (*Chanos-chanos Sp.*) di Desa Sidokumpul Kecamatan Lamongan Kabupaten Lamongan Jawa Timur. *Grouper: Jurnal Ilmiah Fakultas Perikanan Universitas Islam Lamongan*, 1(1), 24-30.
- Sholikha, N. 2015. *Analisis Kelayakan Finansial dan Strategi Pengembangan Usaha Budidaya Ikan Bandeng di Desa Prasung Kecamatan Buduran Kabupaten Sidoarjo*. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Jember, Jember. 198 hal.
- Triyanti, R., & Hikmah, H. 2015. Analisis kelayakan usaha budidaya udang dan bandeng: studi kasus di Kecamatan Pasekan Kabupaten Indramayu. *Buletin Ilmiah Marina Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan*, 1(1), 1-10.

KEPADATAN, KARAKTER MORFOLOGI, DAN PERTUMBUHAN LAMUN *Cymodocea rotundata* DI PANTAI YANKARWAR, MANOKWARI, PAPUA BARAT: APAKAH ADA PERBEDAAN DI ANTARA ZONA INTERTIDAL?

Paskalina T. Lefaan¹, Moses Peday², Bernadus Duwit², Daud Orisu²,
Satriano N. Yoku², Yunus Baab², Abraham William Manumpil³, Zulfikar
Mardiyadi⁴, Emmanuel Manangkalangi², Luky Sembel^{3*}

¹Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan IPA, Universitas Papua, Manokwari, Papua Barat

²Jurusan Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan (FPIK), Universitas Papua, Manokwari, Papua Barat

³Jurusan Ilmu Kelautan, FPIK Universitas Papua, Manokwari, Papua Barat

⁴Jurusan Kehutanan, Fakultas Kehutanan, Universitas Papua, Manokwari, Papua Barat

*Email : lukysembel76@gmail.com

ABSTRACT

Cymodocea rotundata is a seagrass species that occupy habitats in the intertidal zone. The ability of this species to occupy the intertidal zone is thought to be related to its particular morphological adaptations in response to fluctuations in local aquatic environmental conditions. This study aims to describe habitat conditions, distribution related to density, morphological differences, and growth among *C. rotundata* seagrass stands in the upper, middle, and lower intertidal zones of Yankarwar Beach, Manokwari, West Papua. Transects and quadrats methods were used to collect seagrass samples, so information on their distribution and density could be obtained. The seagrass samples collected were also analyzed (counted and measured) for their morphological characters including the number of leaves, leaf length, leaf width, horizontal sheath internode length, root length, stand weight, leaf weight, rhizome weight, and root weight. Seagrass growth was obtained by marking the leaves and observing them for 10 days. The results of this study indicate that the conditions of the physicochemical parameters of the intertidal waters are still suitable for the growth of this seagrass species. The highest density was found in the upper intertidal zone (3,161.73 stands.m⁻²) and followed by the middle intertidal zone (962.04 stands.m⁻²). Although most of the morphological characters of seagrasses and seagrass parts were relatively the same between the three intertidal zones, larger leaf widths and lengths of horizontal rhizome internodes were found in stands in the two upper intertidal zones. Differences in growth as reflected by the increase in leaf length and dry leaf weight also showed greater values in the upper and middle intertidal zones. This condition shows the adaptability of this seagrass species to variations in environmental parameter conditions in the middle and upper intertidal zone. In addition, the results of this study indicate the presence of *C. rotundata*, especially in the intertidal aquatic environment which

has an important ecological role, including as a substrate stabilizer. Therefore, this vegetation conservation effort is very important.

Keywords: *Intertidal zone, Morphological adaptation, Seagrass growth*

ABSTRAK

Cymodocea rotundata merupakan salah satu spesies lamun yang menempati habitat di zona intertidal. Kemampuan spesies ini menempati zona intertidal diduga berkaitan dengan adaptasi morfologi khusus yang dimilikinya sebagai bentuk respon terhadap fluktuasi kondisi lingkungan perairan setempat. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan kondisi habitat, sebaran yang terkait dengan kepadatan, perbedaan morfologi, dan pertumbuhan di antara tegakan lamun *C. rotundata* yang terdapat pada zona intertidal bagian atas, bagian tengah, dan bagian bawah di Pantai Yankarwar, Manokwari, Papua Barat. Metode garis transek dan kuadrat digunakan untuk mengumpulkan sampel lamun, sehingga dapat diperoleh informasi sebaran dan kepadatannya. Sampel lamun yang dikumpulkan juga dianalisis (dihitung dan diukur) karakter morfologinya yang meliputi jumlah daun, panjang dan lebar daun, panjang internode seludang horizontal, panjang akar, berat tegakan, berat bagian daun, berat bagian rimpang, dan berat bagian akar. Pertumbuhan lamun diperoleh dengan metode penandaan pada bagian daun dan diamati selama periode 10 hari. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kondisi parameter fisika-kimia perairan intertidal masih sesuai untuk pertumbuhan spesies lamun ini. Kepadatan tertinggi ditemukan pada zona intertidal bagian atas (3.161,73 tegakan.m⁻²) dan diikuti pada zona intertidal bagian tengah (962,04 tegakan.m⁻²). Walaupun sebagian besar karakter morfologi lamun dan bagian lamun di antara ketiga zona intertidal relatif sama, namun ukuran lebar daun dan panjang internode rimpang horizontal yang lebih besar ditemukan pada tegakan di kedua zona intertidal bagian atas dan tengah. Perbedaan pertumbuhan yang tergambar melalui pertambahan panjang daun dan berat kering daun juga menunjukkan nilai yang lebih besar pada zona intertidal bagian atas dan tengah. Kondisi ini menunjukkan kemampuan adaptasi spesies lamun ini pada variasi kondisi parameter lingkungan di zona intertidal bagian atas dan tengah. Selain itu, hasil penelitian ini menunjukkan keberadaan *C. rotundata*, terutama di lingkungan perairan intertidal yang memiliki peranan penting secara ekologis, di antaranya sebagai penstabil substrat. Oleh karena itu upaya konservasi vegetasi ini sangat penting.

Kata Kunci: Adaptasi morfologi, Pertumbuhan lamun, Zona intertidal

PENDAHULUAN

Padang lamun adalah ekosistem kunci di perairan pesisir, baik tropis maupun subtropis, yang menyediakan berbagai jasa ekosistem dalam bentuk proses dan komponen alami yang secara langsung atau tidak langsung bermanfaat bagi kebutuhan manusia (de Groot *et al.*, 2002; Cullen-Unsworth *et al.*, 2014;

Nordlund *et al.*, 2016). Vegetasi lamun sebagai komponen utama dalam ekosistem ini memberikan kontribusi dalam siklus nutrien (Aoki *et al.*, 2020) dan menstabilkan sedimen serta menyediakan *nursery ground* bagi berbagai sumber daya perikanan (Unsworth *et al.*, 2019; Manangkalangi *et al.*, 2022).

Potensi vegetasi lamun sebagai penangkap dan penyimpanan karbon juga telah banyak terungkap dalam beberapa penelitian (Duarte & Prairie, 2005; Hejnowicz *et al.*, 2015). Dalam beberapa tahun belakangan ini, telah berkembang informasi mengenai kontribusi lamun dalam bioakumulasi dan bioremediasi logam berat di perairan (di antaranya, Sembel *et al.*, 2022). Peranan hamparan lamun lainnya adalah menurunkan energi gelombang dan menstabilkan sedimen, membantu proses sedimentasi serta mengurangi resuspensi sedimen sehingga berkontribusi terhadap perlindungan garis pantai dari erosi (Agawin & Duarte, 2002; Bos *et al.*, 2007; Hendriks *et al.*, 2008; Widdows *et al.*, 2008; Hansen & Reidenbach, 2012).

Ekosistem lamun di perairan tropis menempati zona intertidal dan subtidal yang umumnya tersusun atas vegetasi lamun campuran yang terdiri atas 4-8 spesies (Hemminga & Duarte, 2000). Namun demikian, kebanyakan spesies lamun tidak mampu menoleransi terhadap kondisi kekeringan sehingga tidak mampu tumbuh di zona intertidal (Koch, 2001). Batas atas distribusi spesies intertidal ditentukan oleh toleransi fisiologis terhadap paparan kekeringan dan suhu yang tinggi sehingga menyebabkan stres, melalui tingkat kehilangan air dalam jaringan (Björk *et al.*, 1999; Tanaka & Nakaoka, 2004), dan proporsi jaringan daun nekrotik (Boese *et al.*, 2003).

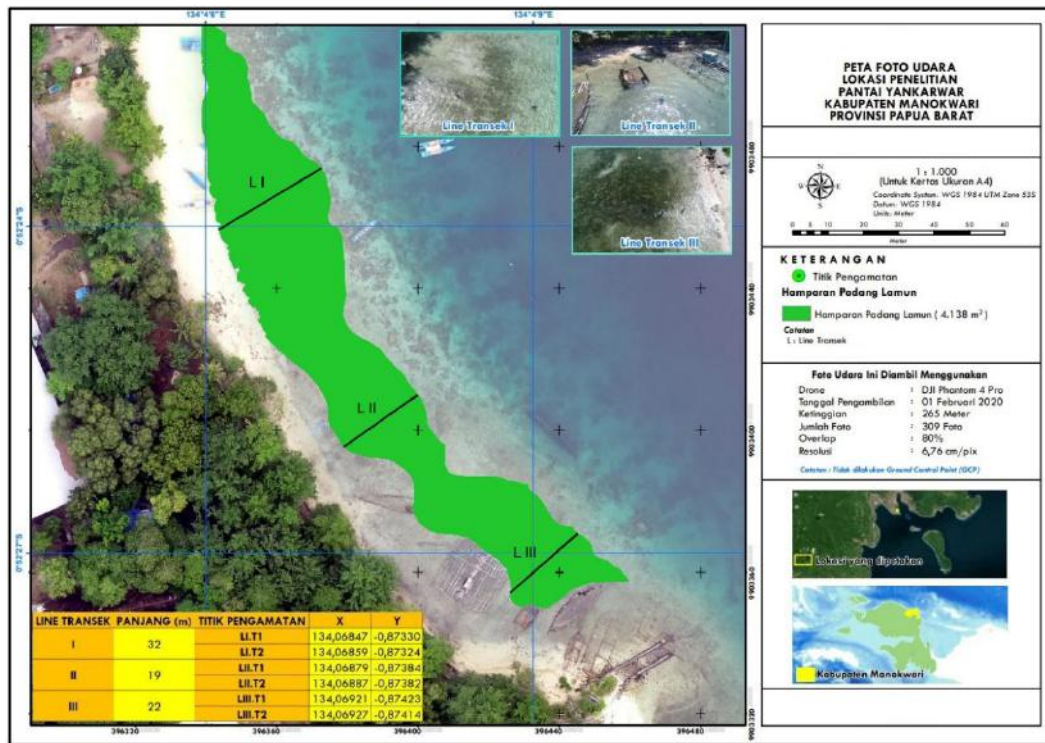
Salah satu spesies lamun yang menempati zona intertidal dan memiliki persebaran yang luas, mulai dari pesisir timur Afrika sampai Pasifik bagian barat dan dari Kepulauan Ryukyu sampai Queensland, Australia adalah *Cymodocea rotundata* (Philips & Meñez, 1988). Spesies ini terutama menempati habitat intertidal (Lefaan, 2011) pada berbagai substrat, mulai dari tipe substrat yang didominasi oleh pasir karbonat yang berasal dari hancuran karang dan/atau pasir dan lumpur terrigenous yang berasal dari daratan (Philips & Meñez, 1988; Lefaan, 2008; Riniatsih, 2016).

Kemampuan *Cymodocea rotundata* untuk menempati zona intertidal dengan kondisi yang ekstrim ini berkaitan dengan kemampuannya dalam beradaptasi terhadap kondisi kekeringan ketika kondisi air laut surut. Kemampuan menoleransi kondisi kekeringan sangat berkaitan dengan karakter morfologisnya yang dapat meminimumkan tekanan kekeringan (Björk *et al.*, 1999). Tanaka & Nakaoka (2004) mengemukakan bahwa karakteristik tegakan spesies lamun ini memiliki morfologi yang relatif lentur sehingga bagian-bagian daun dan pelepah bersentuhan langsung dengan substrat yang basah, sehingga terhindar dari kehilangan air pada saat air laut surut. Kondisi air laut yang surut, apabila bersamaan saat siang hari, akan menyebabkan peningkatan suhu habitat di sekitar hamparan lamun. Berdasarkan hasil penelitian Collier & Waycott (2014), spesies lamun ini mampu menolerir sampai suhu 40 °C. Berkaitan dengan kemampuan spesies ini menempati habitat pada zona intertidal yang ekstrim, maka penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan kondisi habitat lamun *Cymodocea rotundata*, dan membandingkan kepadatan, karakter morfologi, dan pertumbuhan di antara zona intertidal (bagian atas, tengah, dan bawah) Pantai Yankarwar, Manokwari, Papua Barat.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di zona intertidal Pantai Yankarwar, Manokwari Papua Barat (Gambar 1). Pengamatan dan pengambilan contoh lamun berlangsung di antara bulan Juni-Juli 2019.



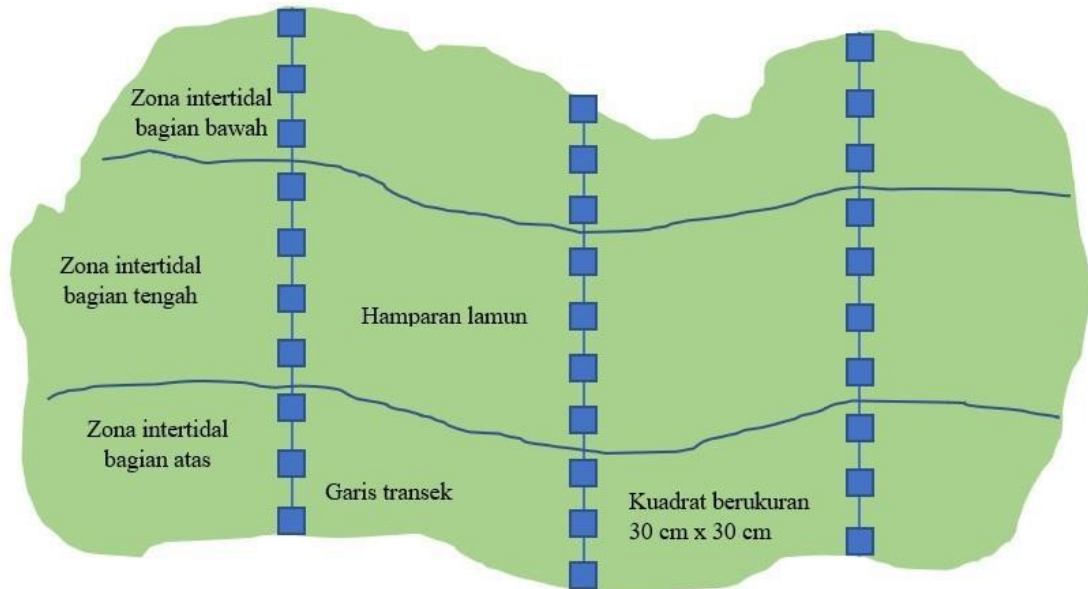
Gambar 1. Lokasi penelitian di Pantai Yankarwar, Manokwari, Papua Barat

Pengambilan Contoh Lamun

Untuk mendapatkan gambaran mengenai kepadatan lamun *C. rotundata* dilakukan menggunakan metode garis transek dan kuadrat. Kuadrat yang digunakan berukuran 30 cm x 30 cm (0,09 m²). Di lokasi penelitian diletakkan tiga garis transek, masing-masing tegak lurus garis pantai menuju ke arah laut dan diletakkan 10 kuadrat. Oleh karena luas bidang lamun yang tidak beraturan, maka panjang garis transek, jarak antar garis transek, dan jarak antar kuadrat disesuaikan dengan luas bidang lamun. Ketiga garis transek, masing-masing berukuran panjang 32 m, 19 m, dan 22 m. Kesepuluh kuadrat dalam setiap garis transek akan mewakili ketiga zona intertidal, yaitu zona intertidal bagian atas, bagian tengah, dan bagian bawah (Gambar 2).

Tegakan lamun spesies ini yang terdapat di setiap kuadrat dicatat jumlahnya. Pada ketiga garis transek di ketiga zona ini, dipilih secara acak sebanyak 20 tegakan untuk dilakukan penandaan bagian daun untuk mendeskripsikan pertumbuhan dan dilanjutkan dengan pengukuran karakter morfologi. Metode penandaan ini mengacu pada Short & Duarte (2001). Pada

setiap tegakan yang telah ditandai, selanjutnya dilakukan pemanenan. Pemanenan didesain sebanyak satu tegakan dalam setiap zona intertidal pada setiap garis transek. Pemanenan ini dilakukan setiap hari selama sepuluh hari pengamatan.



Gambar 2. Peletakan garis transek dan kuadrat

Setiap tegakan bertanda yang dipanen setiap hari selanjutnya dibawa ke Laboratorium Sumberdaya Akuatik (SDA), Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Papua untuk dilakukan analisis lebih lanjut. Pada setiap tegakan dilakukan perhitungan jumlah daun, pengukuran panjang dan lebar daun, panjang internode rimpang horizontal, dan panjang akar menggunakan mistar berketelitian 1 mm. Selain itu juga, pada setiap tegakan yang dipanen dilakukan penimbangan berat basah total, berat kering total, berat kering bagian daun, berat kering bagian rimpang, dan berat kering bagian akar menggunakan timbangan digital berketelitian 0,001 gram.

Agar bisa mendapatkan gambaran pertumbuhan, maka penambahan panjang dan berat setiap daun dalam setiap tegakan yang dipanen selama sepuluh hari pengamatan juga diukur. Untuk mendapatkan kondisi berat kering yang konsisten, maka setiap tegakan utuh maupun bagian-bagian lamun dilakukan pengeringan dalam oven pada suhu 60°C selama 24 jam (Kiswara, 1999).

Pengukuran Parameter Fisika-Kimia Perairan

Pengukuran dan pengambilan sampel untuk parameter fisika-kimia perairan dilakukan berdasarkan zona intertidal, baik secara insitu maupun eksitu. Pengukuran secara insitu meliputi suhu air menggunakan termometer, konsentrasi gas oksigen terlarut dalam air menggunakan DO meter, pH air menggunakan pH meter, dan salinitas dengan refraktometer. Pengukuran ini dilakukan ketika hamparan lamun masih tergenang air. Untuk kekeruhan air dan ukuran partikel substrat dilakukan secara eksitu di Lab. SDA.

Sampel air untuk mengetahui tingkat kekeruhan dibawa ke laboratorium dan dianalisis menggunakan turbidity meter. Sampel substrat diambil sampai

kedalaman sekitar 10 cm (ketika kondisi air laut surut) menggunakan modifikasi core yang terbuat dari pipa paralon berdiameter 2,5 inci. Sampel substrat selanjutnya dikeringkan dan dianalisis menggunakan ayakan bertingkat yang dilengkapi dengan shaker.

Analisis Data

Kepadatan dianalisis menggunakan rumus Cox (2002), yaitu:

$$K = \frac{n_i}{A}$$

Notasi K adalah kepadatan (tegakan.m⁻²), ni adalah jumlah individu (tegakan), dan A adalah luas areal sampling (m²). Kepadatan dianalisis berdasarkan zona intertidal pada setiap garis transek.

Pada setiap karakter morfologi yang diukur dan ditimbang berdasarkan zona intertidal dilakukan uji untuk membandingkan nilai rata-ratanya menggunakan uji t (Zar, 1996). Pertumbuhan daun lamun pada setiap zona intertidal dianalisis menggunakan regresi linier. Agar dapat membandingkan pertumbuhan di antara ketiga zona dilakukan dengan membandingkan kemiringan garis (nilai b) menggunakan uji t (Zar, 1996). Semua analisis dilakukan dengan Microsoft Excel 2010.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter Fisika-Kimia Air

Hasil pengukuran parameter fisika-kimia pada ketiga zona selama periode penelitian (10 hari) menunjukkan kondisi yang cukup bervariasi. Hal ini ditunjukkan melalui kisaran yang cukup lebar pada semua parameter yang diukur. Hasil pengukuran parameter fisika kimia di lokasi penelitian ditampilkan pada Tabel 1. Kondisi parameter fisika dan kimia di zona intertidal ini sangat dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Namun demikian, hasil pengukuran ini menunjukkan bahwa kondisi parameter fisika kimia air pada ketiga zona intertidal relatif sama. Kondisi yang relatif sama ini sangat berkaitan dengan jarak di antara ketiga zona intertidal yang tidak terlalu jauh (panjang garis transek yang hanya berkisar 19-32 m).

Kondisi parameter pada ketiga zona intertidal ini relatif masih sesuai untuk kehidupan lamun *Cymodocea rotundata*, seperti yang dilaporkan pada beberapa penelitian sebelumnya (Lefaan, 2008; Aji & Widyastuti, 2020; Sermatang, 2022; Swabra *et al.*, 2022) (Tabel 2). Spesies lamun ini memiliki kemampuan adaptasi terhadap perubahan lingkungan intertidal yang ekstrim, sehingga memiliki kisaran toleransi terhadap parameter fisika-kimia yang cukup luas. Spesies lamun ini termasuk kelompok pionir, yang mampu menempati zona intertidal bagian atas dan tahan terhadap kondisi kekeringan (Lefaan, 2011).

Kemampuan menoleransi kondisi kekeringan sangat berkaitan dengan karakter morfologisnya yang dapat meminimumkan tekanan kekeringan (Björk *et al.*, 1999). *Cymodocea rotundata* memiliki rimpang (*rhizome*) vertikal yang berukuran pendek dan pelepah seperti selempang (*strap-like sheath*) (Tanaka &

Nakaoka, 2004). Selanjutnya Tanaka & Nakaoka (2004) mengemukakan bahwa karakteristik morfologi yang relatif lentur memungkinkan bagian-bagian daun dan pelepah berada di atas permukaan substrat dan bersentuhan langsung dengan substrat yang basah, sehingga terhindar dari kehilangan air ketika padang lamun terdedah pada saat air laut surut. Substrat ini yang selanjutnya menjaga kelembahan tegakan lamun dengan air pori dan rembesan air dari daerah intertidal di atasnya. Keberadaan daun lamun yang padat juga akan saling saling menutupi ketika kondisi air laut surut, sehingga mengurangi penguapan dari daun-daun yang tidak secara langsung berhubungan dengan substrat yang lembab (Björk *et al.*, 1999). Selain itu juga, seperti yang dilaporkan oleh Collier & Waycott (2014), spesies *C. rotundata* juga mampu menolerir sampai suhu 40 °C.

Tabel 1. Nilai rata-rata dan kisaran parameter fisika-kimia hamparan lamun di Pantai Yankarwar, Manokwari

Parameter	Zona intertidal bagian atas	Zona intertidal bagian tengah	Zona intertidal bagian bawah	Keseluruhan
Suhu (°C)	29,92 (28,1-31,6)	29,88 (28,2-31,3)	29,62 (28,2-30,8)	29,81 (28,1-31,6)
Turbiditas (NTU)	3,84 (0,64-11,29)	2,08 (0,67-5,26)	2,91 (0,85-8,30)	2,94 (0,64-1,29)
Oksigen terlarut (mg.l ⁻¹)	6,15 (5,21-7,80)	6,14 (5,64-6,53)	5,22 (4,56-6,12)	5,83 (4,56-7,80)
pH	6,68 (6,30-7,17)	6,83 (6,28-7,28)	6,75 (6,06-7,66)	6,76 (6,06-7,66)
Salinitas (‰)	30,33 (30-31)	30,50 (29-31)	30,33 (29-31)	30,39 (29-31)

Keterangan: angka dalam tanda kurung adalah kisaran

Tabel 2. Parameter fisika-kimia habitat lamun *C. rotundata*

Suhu (°C)	Turbiditas (NTU)	Oksigen terlarut (mg.l ⁻¹)	pH	Salinitas (‰)	Sumber
28,1-31,6	0,64-1,29	4,56-7,80	6,06-7,66	29,0-31,0	Penelitian ini
21,5-35,0	0,00-24,63	4,69-8,95	5,61-8,94	15,0-34,0	Lefaan (2008), Aji & Widyastuti (2020), Sermatang (2022), Swabra <i>et al.</i> (2022)

Tipe sedimen dan Ukuran Partikel

Sedimen pada lokasi padang lamun di perairan Pantai Yankarwar adalah sedimen karbonat yang berasal dari hancuran karang. Berdasarkan hasil analisis terhadap ukuran partikel substrat, diketahui bahwa masing-masing zona intertidal didominasi oleh fraksi sedimen yang relatif berbeda. Zona intertidal bagian atas didominasi oleh fraksi sedimen halus (lempung & liat), sedangkan kedua zona lainnya (bagian tengah dan bawah) didominasi oleh fraksi pasir dan kerikil (Tabel 3).

Perbedaan ukuran partikel ini diduga berkaitan dengan hidrodinamika di daerah intertidal ini. Arus pasang surut dan gelombang permukaan memainkan peran penting dalam penyebaran dan pengendapan sedimen dalam sistem yang didominasi oleh pasang surut (Manning *et al.*, 2010). Partikel halus diendapkan, terutama di bagian intertidal bagian atas, selama periode pasang surut ketika kecepatan arus pasang surut secara bertahap menurun dan turbulensi menghilang (Manning *et al.*, 2010, Ralston *et al.*, 2013). Partikel yang lebih halus (lempung dan liat), dicirikan oleh fraksi bahan organik yang relatif tinggi dan sifat hidrodinamik yang rendah (Hossain *et al.*, 2014). Sebaliknya, di lokasi dengan kecepatan arus yang lebih tinggi (misalnya, di zona intertidal bagian bawah),

ditemukan sedimen yang jauh lebih kasar dan kandungan bahan organik yang lebih sedikit (de Boer, 2007).

Tipe substrat pada ketiga zona intertidal ini sesuai untuk kehidupan dari *C. rotundata*. Spesies lamun ini umum ditemukan pada tipe substrat pasir karbonat (karang) dan juga areal rata-rata lumpur yang terlindung (Philips & Meñez, 1988). Hasil yang sama juga dilaporkan oleh Riniatsih (2016) yang menemukan bahwa spesies lamun ini menempati habitat bersubstrat pasir halus yang kaya dengan kandungan bahan organik.

Tabel 3. Nilai rata-rata dan kisaran persentase ukuran partikel sedimen di lokasi penelitian

Kategori ukuran partikel	Persentase		
	Zona intertidal bagian atas	Zona intertidal bagian tengah	Zona intertidal bagian bawah
Kerikil	10,73 (2,88-15,48)	21,51 (9,39-31,98)	42,48* (15,39-65,96)
sedang (6- 64 mm)	5,50 (0,60-10,53)	11,70 (3,07-19,49)	31,52* (6,34-54,10)
Halus (2-6 mm)	5,23 (2,28-8,47)	9,81 (6,31-12,49)	10,95 (9,05-11,95)
Pasir	37,50 (30,32-46,39)	46,82* (37,03-53,87)	34,51 (21,61-55,53)
sangat kasar (1-2 mm)	3,77 (1,98-5,29)	6,20 (5,75-7,00)	4,32 (3,51-5,68)
kasar (0,5-1 mm)	7,41 (2,71-10,71)	9,14 (8,42-9,79)	5,80 (3,99-8,85)
Sedang (0,25-0,5 mm)	9,44 (6,47-13,02)	12,82 (9,53-15,93)	8,21 (4,56-12,95)
halus & sangat halus (0,063-0,25 mm)	16,89 (8,66-24,63)	18,67* (13,34-22,31)	16,18 (9,28-28,05)
Lempung & Liat (<0,063 mm)	51,77* (39,79-61,33)	31,67 (18,45-39,81)	23,01 (12,43-29,08)

Keterangan: angka dalam tanda kurung adalah kisaran, * nilai prosentase rata-rata tertinggi

Kepadatan

Kepadatan *C. rotundata* paling tinggi ditemukan pada zona intertidal bagian atas dibandingkan kedua zona lainnya di bagian tengah dan bawah (Tabel 4). Kepadatan yang tinggi pada zona ini diduga berkaitan dengan kemampuan adaptasi spesies ini terhadap kondisi lingkungan setempat. Spesies pionir ini, umumnya ditemukan dengan kepadatan yang tinggi pada zona intertidal sampai batas surut terendah di daerah rata-rata yang bersubstrat karbonat, dan juga melimpah pada rata-rata lumpur yang luas di daerah-daerah yang terlindung (Philips & Meñez, 1988; Lefaan, 2008; Lefaan *et al.*, 2013). Batas sebaran dan kepadatan yang lebih rendah di zona bagian bawah dari spesies lamun intertidal ini kemungkinan berkaitan dengan kompetisi dengan spesies lamun subtidal (misalnya, *Thalassia hemprichii*) yang umumnya ditemukan melimpah, dan juga gangguan secara fisik yang disebabkan arus pasang surut (Cabaço *et al.*, 2009; van der Heide *et al.*, 2010).

Tabel 4. Kepadatan *Cymodocea rotundata* (tegakan.m⁻²) pada setiap zona intertidal di Pantai Yankarwar, Manokwari

Transek	Kepadatan		
	Zona intertidal bagian atas	Zona intertidal bagian tengah	Zona intertidal bagian bawah
Transek 1	3.033,33	1.288,89	77,78
Transek 2	3.155,56	536,11	322,22
Transek 3	3.296,30	1.061,11	40,74
Keseluruhan	3.161,73	962,04	146,91

Karakter Morfologi

Karakter morfologi lamun spesies ini yang diamati pada ketiga zona ditampilkan pada Tabel 5. Secara umum, nilai rata-rata berbagai karakter morfologi yang relatif lebih tinggi ditunjukkan oleh tegakan lamun yang terdapat di zona intertidal bagian atas. Namun demikian, berdasarkan hasil uji, sebagian besar karakter morfologi ini menunjukkan nilai rata-rata yang tidak berbeda di antara ketiga zona intertidal, kecuali pada karakter lebar daun dan panjang internode rimpang. Kedua karakter morfologi ini, setelah dilakukan uji secara statistik, menunjukkan bahwa tegakan lamun pada zona intertidal bagian atas dan bagian tengah memiliki ukuran yang lebih besar dibandingkan tegakan pada zona intertidal bagian bawah.

Tabel 5. Karakteristik morfologi *C. rotundata* pada setiap zona intertidal di Pantai Yankarwar, Manokwari

Karakter morfologi	Zona intertidal bagian atas	Zona intertidal bagian tengah	Zona intertidal bagian bawah	Keseluruhan
Jumlah daun (per tegakan)	3,31±0,47 ^a (3-4)	3,40±0,50 ^a (3-4)	3,41±0,57 ^a (3-4)	3,38±0,51 (3-4)
Panjang total daun (mm per tegakan)	254,67±76,42 ^a (109-468)	250,00±95,98 ^a (137-391)	247,03±80,52 ^a (118-400)	250,61±83,72 (109-468)
Lebar daun (mm)	4,31±0,69 ^{a,b} (3-5)	4,48±0,63 ^b (3-5)	4,18±0,66 ^a (3-5)	4,32±0,68 (3-5)
Panjang internode rimpang horizontal (mm)	45,34±20,65 ^b (12-90)	45,77±21,47 ^b (15-90)	33,31±14,82 ^a (13-75)	41,52±20,32 (12-90)
Panjang akar (mm)	51,00±26,28 ^a (9-105)	44,66±23,94 ^a (10-90)	48,79±22,93 ^a (10-95)	48,15±24,28 (9-105)
Berat basah total tegakan (g)	1,171±0,54 ^a (0,385-2,551)	1,076±0,42 ^a (0,155-2,109)	0,957±0,43 ^a (0,327-1,793)	1,068±0,47 (0,155-2,551)
Berat kering total tegakan (g)	0,205±0,11 ^a (0,072-0,501)	0,206±0,07 ^a (0,083-0,344)	0,174±0,08 ^a (0,059-0,341)	0,195±0,09 (0,059-0,501)
Berat kering bagian daun (g)	0,069±0,04 ^a (0,012-0,150)	0,067±0,05 ^a (0,009-0,246)	0,057±0,04 ^a (0,006-0,158)	0,064±0,04 (0,006-0,246)
Berat kering bagian rimpang (g)	0,046±0,03 ^a (0,011-0,144)	0,047±0,02 ^a (0,011-0,100)	0,034±0,02 ^a (0,013-0,071)	0,042±0,02 (0,011-0,144)
Berat kering bagian akar (g)	0,010±0,012 ^a (0,002-0,069)	0,008±0,005 ^a (0,001-0,022)	0,007±0,010 ^a (0,002-0,032)	0,009±0,009 (0,002-0,069)

Keterangan: Huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan di antara zona intertidal

Ukuran lebar daun dan panjang internode rimpang yang lebih besar diduga merupakan bentuk adaptasi spesies lamun ini pada lingkungan zona

intertidal bagian atas dan bagian tengah yang terkait dengan kondisi kekeringan dan tipe substrat. Ukuran daun yang relatif lebih besar, diduga mampu menahan lebih banyak air ketika terdedah pada kondisi kering sebagai akibat air laut yang surut. Kondisi ini akan memungkinkan tegakan lamun dari spesies ini untuk mempertahankan kelembabannya dalam periode ekstrim tersebut, seperti yang dilaporkan oleh Tanaka & Nakaoka (2004).

Selain itu, kondisi ini diimbangi dengan toleransi fisiologis daunnya yang lebih besar terhadap kekeringan dan juga memiliki pelepah yang banyak sehingga bisa membantu mencegah kehilangan air dari meristemnya.

Sedangkan ukuran rimpang yang lebih panjang pada zona intertidal bagian atas dan bagian tengah, diduga berkaitan dengan tipe substratnya yang lebih halus (proporsi lumpur, liat dan pasir halus yang lebih tinggi). Kondisi ini memungkinkan pertumbuhan vegetatif lamun spesies ini lebih cepat melalui rimpang yang lebih panjang. Oleh karena itu, ukuran rimpang yang lebih panjang merupakan bentuk adaptasinya pada kondisi sedimen yang halus. Ukuran rimpang horizontal yang lebih panjang juga ditunjukkan pada kondisi rimpang yang tertutup sedimen halus pada spesies lamun *Zostera noltii* (Cabaço *et al.*, 2010).

Kondisi sebaliknya pada tegakan di bagian zona intertidal bagian bawah dengan rimpang yang lebih pendek, pada tipe substrat yang terutama didominasi oleh kerikil. Ruang penjalaran rimpang yang lebih terbatas pada tipe substrat kasar ini, sehingga adaptasinya dalam bentuk ukuran yang lebih pendek. Menurut Balestri *et al.* (2015), kemampuan lamun menempati suatu zona juga tidak terlepas dari kemampuan rimpang dalam mengembangkan sistem perakarannya pada berbagai tipe substrat.

Kemampuan pertumbuhan akar pada berbagai jenis substrat menunjukkan plastisitas morfologis, sehingga sistem akar pada substrat yang berukuran lebih halus (yaitu, liat, lumpur dan pasir) akan tumbuh secara vertikal, sedangkan pada substrat keras (misalnya, kerikil) akan tumbuh memanjang secara horizontal dan menghasilkan formasi permukaan (*superficial*) (Balestri *et al.*, 2015).

Variasi karakteristik morfologi dalam skala spasial yang lebih luas juga ditunjukkan oleh spesies lamun ini. Di antaranya variasi di antara ukuran lebar daun dan panjang internode rimpang. Hasil penelitian ini (lebar daun 3,0-5,0 mm, rata-rata 4,32 mm; panjang internode rimpang horizontal 12-90 mm, rata-rata 41,52 mm) menunjukkan bahwa dimensi ukuran yang relatif lebih besar dibandingkan dengan informasi yang dilaporkan sebelumnya. Kedua karakter spesies ini, seperti yang dikemukakan oleh Philips & Menez (1988), yaitu lebar daun berukuran 2,0-4,0 mm dan panjang internode rimpang di antara 10,0-45,0 mm.

Brouns (1987) melaporkan ukuran panjang rata-rata internode rimpang sebesar 33 mm. Di Teluk Ambon Dalam, Sermatang (2022) melaporkan bahwa karakter morfometrik dari spesies ini, yaitu lebar daun 2,3–5,9 mm. Bahkan lebar daun maksimum *C. rotundata* di Perairan Maluku Utara adalah 8 mm (Ramili *et al.*, 2018). Variasi karakteristik morfometrik yang ditunjukkan oleh jenis lamun menunjukkan adanya hubungan dengan kondisi lingkungan perairan pada setiap lokasi (Ramili *et al.*, 2018) dan merupakan bentuk adaptasi spesies lamun.

Pertumbuhan

Pertumbuhan lamun *Cymodocea rotundata* yang diamati berdasarkan penambahan total panjang daun dan penambahan berat kering total daun pada setiap tegakan per hari ditampilkan pada Tabel 6. Nilai rata-rata pertumbuhan panjang daun dan berat kering daun lamun *C. rotundata* di zona intertidal bagian atas lebih besar dibandingkan pada kedua zona lainnya, namun setelah diuji secara statistik, nilainya tidak berbeda dengan kedua zona intertidal lainnya.

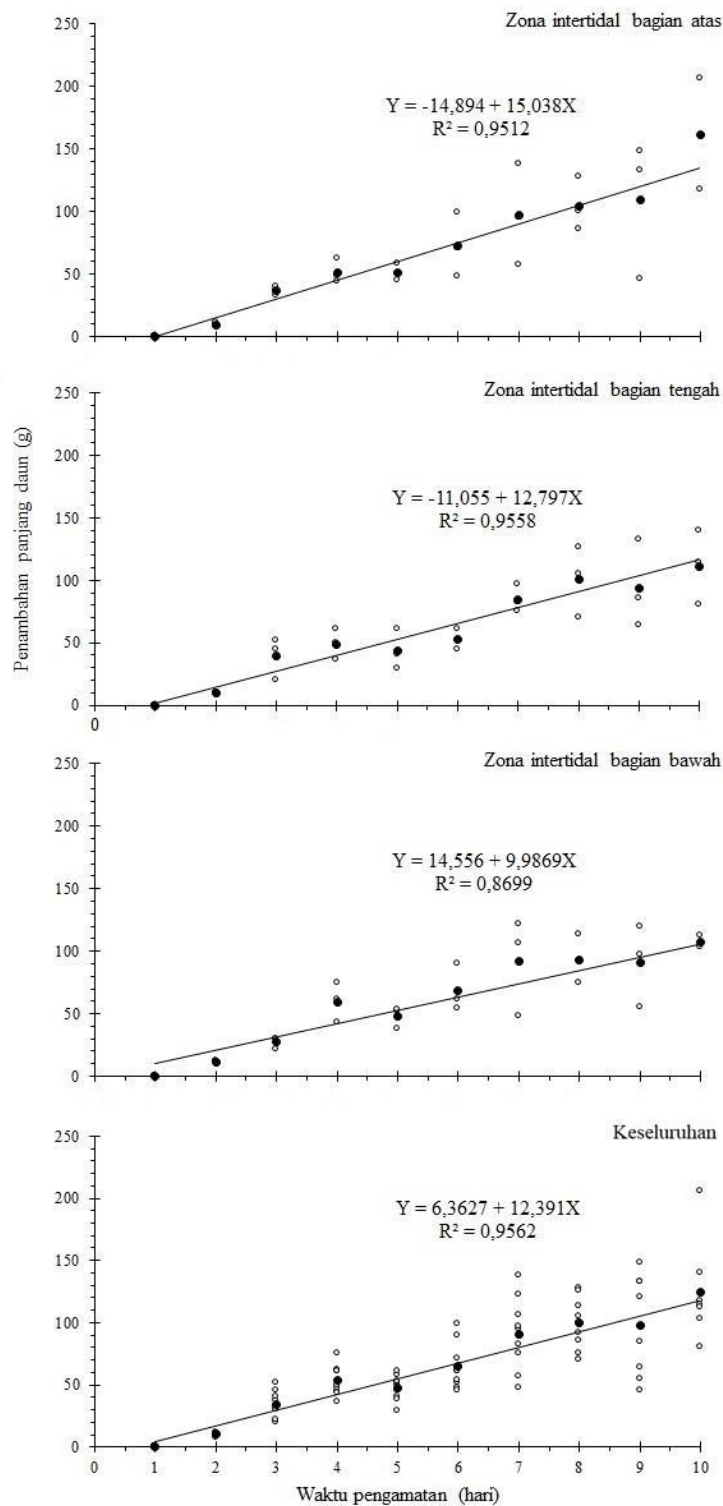
Pada skala spasial yang lebih luas, pertumbuhan lamun *C. rotundata* yang tergambar melalui penambahan panjang dan berat daun secara harian menunjukkan adanya variasi. Sebagai contoh, penambahan berat daun di lokasi ini (0,003 g per hari) lebih besar dibandingkan pada lokasi di Pulau Green, Queensland Australia, yaitu 0,0013 g per hari (Collier & Waycott, 2014). Demikian juga, pertumbuhan panjang daun yang lebih cepat di lokasi ini (13,8 mm per tegakan per hari) dibandingkan spesies yang sama di lokasi Teluk Awur Jepara (1,86-2,61 mm per hari) (Riniatsih & Endrawati, 2013).

Tabel 6. Pertumbuhan harian daun per tegakan *C. rotundata* di pantai Yankarwar, Manokwari

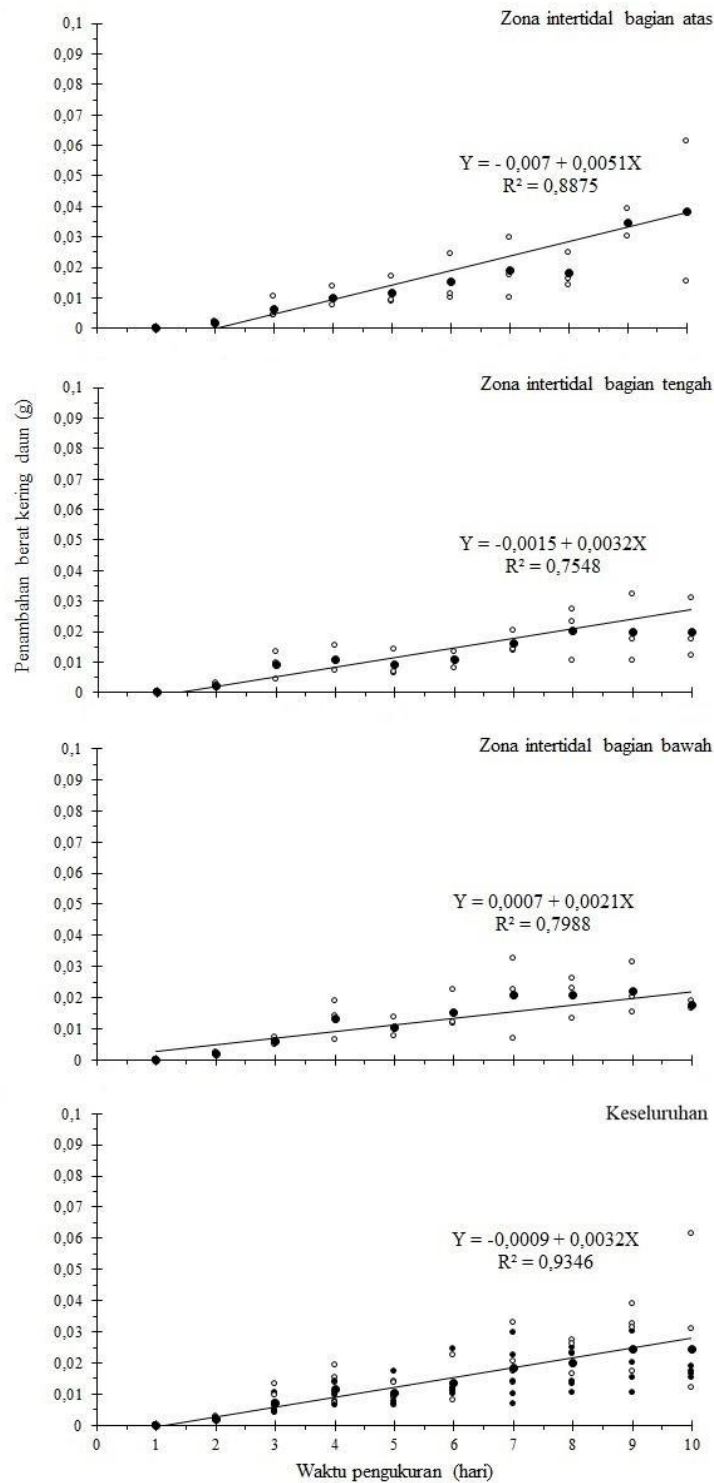
Karakter Pertumbuhan	Zona intertidal bagian atas	Zona intertidal bagian tengah	Zona intertidal bagian bawah	Keseluruhan
Penambahan panjang daun per tegakan per hari (mm tegakan.hari ⁻¹)	14,8±4,4 ^a (5,8-23,0)	13,4±4,4 ^a (7,3-26,0)	13,3±4,1 ^a (6,9-25,0)	13,8±4,3 (5,8-26,0)
Penambahan berat kering daun per tegakan per hari (g tegakan hari ⁻¹)	0,0033±0,0016 ^a (0,0016-0,0074)	0,0029±0,0014 ^a (0,0013-0,0067)	0,0028±0,0012 ^a (0,0012-0,0063)	0,0030±0,0014 (0,0012-0,0074)

Dalam periode pengukuran selama 10 hari, menunjukkan bahwa terjadi peningkatan pertumbuhan panjang daun dalam setiap tegakan pada ketiga zona intertidal dan secara keseluruhan di Pantai Yankarwar (Gambar 3). Kondisi yang sama juga ditunjukkan oleh tingkat pertumbuhan berat kering daun per tegakan (Gambar 4).

Berdasarkan hasil uji nilai b (kemiringan), menunjukkan bahwa tegakan spesies lamun *C. rotundata* memiliki pertumbuhan daun yang lebih cepat pada zona intertidal bagian atas dan bagian tengah, dibandingkan pada tegakan lamun spesies yang sama pada zona intertidal bagian bawah (Tabel 7).



Gambar 3. Hubungan di antara tingkat pertambahan panjang daun dalam setiap tegakan per hari pada ketiga zona intertidal dan keseluruhan di Pantai Yankarwar. Keterangan: lingkaran putih kecil mewakili tingkat pertambahan dalam tiga ulangan dan lingkaran hitam besar menunjukkan tingkat pertambahan rata-rata.



Gambar 4. Hubungan di antara tingkat pertambahan berat kering daun dalam setiap tegakan per hari pada ketiga zona intertidal dan keseluruhan di Pantai Yankarwar. Keterangan: lingkaran putih kecil mewakili tingkat pertambahan dalam tiga ulangan dan lingkaran hitam besar menunjukkan tingkat pertambahan rata-rata.

Tabel 7. Hasil uji t terhadap kemiringan garis (nilai b) di antara ketiga zona intertidal

Karakter Pertumbuhan	Zona intertidal bagian atas	Zona intertidal bagian tengah	Zona intertidal bagian bawah
Pertambahan panjang daun per tegakan	15,038 ^b	12,797 ^a	9,9869 ^a
Pertambahan berat kering daun per tegakan	0,0051 ^b	0,0032 ^{a,b}	0,0021 ^a

Keterangan: Huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan di antara zona intertidal

Pertumbuhan yang lebih cepat pada zona intertidal di bagian atas dan tengah juga telah dilaporkan oleh Kim *et al.* (2016) pada spesies lamun *Zostera japonica*. Pertumbuhan yang cepat pada zona intertidal bagian atas dan tengah, sangat berkaitan dengan kemampuan adaptasi dan kondisi lingkungan yang mendukung. Kondisi dinamika hidrologi yang relatif lebih kecil dibandingkan pada zona intertidal bagian bawah, serta kondisi tipe sedimen halus yang mengandung lebih banyak bahan organik, sehingga memberikan kontribusi nutrisi untuk pertumbuhan lamun ini.

PENUTUP

Kesimpulan

Kondisi parameter fisika-kimia perairan pada ketiga zona intertidal relatif sama dan masih sesuai untuk pertumbuhan *C. rotundata*. Tipe substrat pada ketiga zona intertidal bervariasi, pada zona bagian atas didominasi fraksi lempung & liat, pada zona bagian tengah didominasi fraksi pasir, dan zona bagian bawah didominasi oleh fraksi kerikil. Kepadatan tegakan lamun yang lebih tinggi, ukuran lebar daun dan panjang internode rimpang horizontal yang lebih besar, serta pertumbuhan daun juga lebih cepat pada zona intertidal bagian atas dan tengah.

Saran

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa keberadaan dan kemampuan *C. rotundata* menempati perairan intertidal di zona bagian atas. Informasi ini penting dalam pemilihan spesies dan tipe habitat dalam proses rehabilitasi ekosistem lamun yang berada di zona intertidal dan juga perlindungan garis pantai dari erosi. Namun demikian, masih perlu adanya penelitian mengenai preferensi tipe substrat dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan spesies lamun ini. Selain itu, efek dari kondisi kekeringan terhadap proses fotosintesis pada spesies lamun ini perlu diteliti.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Rinjas Kapisa yang telah membantu dalam pengumpulan sampel lamun. Terima kasih juga disampaikan kepada Staf Laboratorium Sumberdaya Akuatik, FPIK UNIPA yang telah membantu menyiapkan sarana dan prasarana ketika melakukan analisis sampel lamun di laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Agawin, N. S. R. & C. M. Duarte. 2002. Evidence of direct particle trapping by a tropical seagrass meadow. *Estuaries*. 25: 1205–1209. DOI: 10.1007/BF02692217.
- Aji, L. P. & A. Widyastuti. 2020. The condition and composition of seagrass and mollusca on Biak Island, Papua. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 404: 012069. DOI: 10.1088/1755-1315/404/1/012069.
- Aoki, L. R., K. J. McGlathery & M. P. J. Oreska. 2020. Seagrass restoration reestablishes the coastal nitrogen filter through enhanced burial. *Limnology and Oceanography*. 65(1): 1–12. DOI: 10.1002/lno.11241.
- Balestri, E., D. de Battisti, F. Vallerini & C. Lardicci. 2015. First evidence of root morphological and architectural variations in young *Posidonia oceanica* plants colonizing different substrate typologies. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 154: 205–213. DOI: 10.1016/j.ecss.2015.01.002.
- Björk, M., J. Uku, A. Weil & S. Beer. 1999. Photosynthetic tolerances to desiccation of tropical intertidal seagrasses. *Marine Ecology Progress Series*. 191: 121–126. DOI: 10.3354/meps191121.
- Boese, B. L., K. E. Alayan, E. F. Gooch & B. D. Robbins. 2003. Desiccation index: a measure of damage caused by adverse aerial exposure on intertidal eelgrass (*Zostera marina*) in an Oregon (USA) estuary. *Aquatic Botany*. 76(4): 329–337. DOI: 10.1016/S0304-3770(03)00068-8.
- Bos, A. R., T. J. Bouma, G. L. J. de Kort & M. M. van Katwijk. 2007. Ecosystem engineering by annual intertidal seagrass beds: sediment accretion and modification. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 74(1–2): 344–348. DOI: 10.1016/j.ecss.2007.04.006.
- Brouns, J. J. W. M. 1987. Growth patterns of some Indo West-Pacific seagrasses. *Aquatic Botany*. 28(1): 39–61. DOI: 10.1016/0304-3770(87)90055-6.
- Cabaço, S., R. Machás & R. Santos. 2009. Individual and population plasticity of the seagrass *Zostera noltii* along a vertical intertidal gradient. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 82(2): 301–308. DOI: 10.1016/j.ecss.2009.01.020.
- Cabaço, S., Ó. Ferreira & R. Santos. 2010. Population dynamics of the seagrass *Cymodocea nodosa* in Ria Formosa lagoon following inlet artificial relocation. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 87(4): 510–516. DOI: 10.1016/j.ecss.2010.02.002.
- Collier, C. J. & M. Waycott. 2014. Temperature extremes reduce seagrass growth and induce mortality. *Marine Pollution Bulletin*. 83: 483–490. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2014.03.050.
- Cox, G. W. 2002. *General ecology laboratory manual*. 4th edition. McGraw-Hill Higher Education. New York.
- Cullen-Unsworth, L. C., L. M. Nordlund, J. Paddock, S. Baker, L. J. McKenzie & R. K. F. Unsworth. 2014. Seagrass meadows globally as a coupled social–ecological system: implications for human wellbeing. *Marine Pollution Bulletin*. 83(2): 387–397. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2013.06.001.
- de Boer, W. F. 2007. Seagrass-sediment interactions, positive feedbacks and critical thresholds: a review. *Hydrobiologia*, 591: 5–24. DOI: 10.1007/s10750-007-0780-9.

- de Groot, R. S., M. A. Wilson & R. M. J. Boumans. 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economic*. 41, 393–408. DOI: 10.1016/S0921-8009(02)00089-7.
- Duarte, C. M. & Y. T. Prairie. 2005. Prevalence of heterotrophy and atmospheric CO₂ emissions from aquatic ecosystems. *Ecosystems*. 8: 862–870. DOI: 10.1007/s10021-005-0177-4.
- Hansen, J. C. R. & M. A. Reidenbach. 2012. Wave and tidally driven flows in eelgrass beds and their effect on sediment suspension. *Marine Ecology Progress Series*. 448: 271–287. DOI: 10.3354/meps09225.
- Hejnowicz, A. P., H. Kennedy, M. A. Rudd & M. R. Huxham. 2015. Harnessing the climate mitigation, conservation and poverty alleviation potential of seagrasses: prospects for developing blue carbon initiatives and payment for ecosystem service programmes. *Frontier in Marine Science*. 2: 32. DOI: 10.3389/fmars.2015.00032.
- Hemminga, M. A. & C. M. Duarte. 2000. *Seagrass Ecology*. Cambridge University Press. Australia.
- Hendriks, I. E., T. Sintes, T. J. Bouma & C. M. Duarte. 2008. Experimental assessment and modeling evaluation of the effects of the seagrass *Posidonia oceanica* on flow and particle trapping. *Marine Ecology Progress Series*. 356: 163–173. DOI: 10.3354/meps07316.
- Hossain, M. B., D. J. Marshall & S. Venkatramanan. 2014. Sediment granulometry and organic matter content in the intertidal zone of the Sungai Brunai estuarine system, northwest coast Borneo. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*. 9(2): 231–239.
- Kim, J.-H., S. H. Kim, Y. K. Kim, J.-I. Park & K.-S. Lee. 2016. Growth dynamics of the seagrass *Zostera japonica* at its upper and lower distributional limits in the intertidal zone. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 175: 1–9. DOI: 10.1016/j.ecss.2016.03.023.
- Kiswara, W. 1999. Struktur komunitas padang lamun di perairan Sumatera Utara. *Prosiding Seminar Kelautan Regional Sumatera Kedua, Padang*. pp. 154–166.
- Koch, E. W. 2001. Beyond light: physical, geological, and geochemical parameters as possible submersed aquatic vegetation habitat requirements. *Estuaries*. 24: 1–17. DOI: 10.2307/1352808.
- Lefaan, P. T. 2008. Kajian komunitas lamun di perairan peisir Manokwari. Tesis. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. 81 hlm.
- Lefaan, P. T. 2011. Zonasi dan adaptasi morfologi lamun di perairan pesisir Manokwari. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 7(2): 119–130.
- Lefaan, P. T., D. Setiadi & D. Djokosetiyanto. 2013. Struktur komunitas lamun di perairan pesisir Manokwari. *Maspuri Journal*. 5(2): 69–81.
- Manangkalangi, E., L. Sembel, S. Tebaiy, A. Manuputty, M. R. Rumayomi, P. Musyeri, D. Sawaki, D. Orissu, A. W. Manumpil & Y. Kaber. 2022. Evaluation of seagrass beds as a foraging and nursery habitat based on the structure of the fish community in Nusmapi Island, West Papua, Indonesia. *Biodiversitas*. 23(10): 5165–5174. DOI: DOI10.13057/biodiv/d231024.

- Manning, A. J., W. J. Langston & P. J. C. Jonas. 2010. A review of sediment dynamics in the Severn Estuary: influence of flocculation. *Marine Pollution Bulletin*. 61(1-3), 37–51. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2009.12.012.
- Nordlund, L. M., E. W. Koch, E. B. Barbier & J. C. Creed. 2016. Seagrass ecosystem services and their variability across genera and geographical regions. *PLOS ONE*. (12(1): e0169942. DOI:10.1371/journal.pone.0163091.
- Philips, C. R. & E. G. Meñez. 1988. *Seagrass*. Smithsonian Institutions Press. Washington D.C. 104 p.
- Ralston, D. K., W. R. Geyer, P. A. Traykovski & N. J. Nidzieko. 2013. Effects of estuarine and fluvial processes on sediment transport over deltaic tidal flats. *Continental Shelf Research*. 60: S40–S57. DOI: 10.1016/j.csr.2012.02.004.
- Ramili, Y., D. G. Bengen, H. H. Madduppa & M. Kawaroe. 2018. Morphometric characteristics of two seagrass species (*Enhalus acoroides* and *Cymodocea rotundata*) in four small islands in North Maluku, Indonesia. *Biodiversitas*. 19(6): 2035–2043. DOI: 10.13057/biodiv/d190608.
- Riniatsih, I. 2016. Distribusi jenis lamun dihubungkan dengan sebaran nutrisi perairan di padang lamun Teluk Awur Jepara. *Jurnal Kelautan Tropis*. 19(2): 101–107. DOI: 10.14710/jkt.v19i2.824.
- Riniatsih, I. & H. Endrawati. 2013. Pertumbuhan lamun hasil transplantasi jenis *Cymodocea rotundata* di padang lamun Teluk Awur Jepara. *Buletin Oseanografi Marina*. 2(1): 34–40. DOI: 10.14710/buloma.v2i1.6924.
- Sembel, L., D. Setijawati, D. Yona & Y. Risjani. 2022. Spatio-temporal of heavy metal Pb (Lead) in seawater, sediment, and different organs of *Cymodocea rotundata* in Doreri Gulf, Manokwari, West Papua, Indonesia. *Biodiversitas*. 23(5): 2482–2492. DOI: 10.13057/biodiv/d230528.
- Sermatang, J. H. 2022. Morfometrik lamun *Cymodocea rotundata* di pesisir pantai Tanjung Tiram, Poka, Teluk Amnon Dalam. *Prosiding Seminar Nasional DPD Himpunan Alumni IPB Maluku, Ambon*. pp. 41–49.
- Short, F. T. & C. M. Duarte. 2001. Methods for the measurement of seagrass growth and production. *In*: Short, F. T., & Coles, R. G. (eds.). *Global Seagrass Research Methods*. Elsevier Science B.V., Amsterdam. pp. 155–182.
- Swabra, L., P. T. Lefaan, F. R. D. N. Sianipar, A. C. Maturbongs, M. J. Sadsoeitoeboen, H. J. Budirianto & J. P. Kilmaskossu. 2022. Komunitas lamun di perairan Pantai Reff Teluk Saubeba Kabupaten Manokwari. *Prosiding Seminar Nasional MIPA UNIPA*. pp. 35–43.
- Tanaka, Y. & M. Nakaoka. 2004. Emergence stress and morphological constraints affect the species distribution and growth of subtropical intertidal seagrasses. *Marine Ecology Progress Series*. 284: 117–131. DOI: 10.3354/meps284117.
- Unsworth, R. K. F., L. M. Nordlund & L. C. Cullen-Unsworth. 2019. Seagrass meadows support global fisheries production. *Conservation Letters*. 12: e12566. DOI: 10.1111/conl.12566.
- van der Heide, T., T. J. Bouma, E. H. van Nes, J. van de Koppel, M. Scheffer, J. G. M. Roelofs, M. M. van Katwijk & A. J. P. Smolders. 2010. Spatial self-organized patterning in seagrasses along a depth gradient of an intertidal ecosystem. *Ecology*. 91(2): 362–369. DOI: 10.1890/08-1567.1.

- Widdows, J., N. D. Pope, M. D. Brinsley, H. Asmus & R. M. Asmus. 2008. Effects of seagrass beds (*Zostera noltii* and *Z. marina*) on near-bed hydrodynamics and sediment resuspension. Marine Ecology Progress Series. 358: 125–136. DOI: 10.3354/meps07338.
- Zar, J. H. 1996. Biostatistical analysis. 3rd edition. Prentice-Hall International, Inc. New Jersey.