



Pengaruh pemberian pupuk anorganik (NPK+Silikat) dengan dosis berbeda terhadap kepadatan *Skeletonema costatum* pada pembenihan udang windu

Effect of inorganic fertilizer (NPK+Silicate) with different dosage to Skeletonema costatum density on hatchery of tiger shrimp

¹ Fitriani, ² Fendi, ³ Rochmady 

¹ Program Studi Budidaya Perairan, Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Wuna Raha, Sulawesi Tenggara 93600, Indonesia

² Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat, Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Wuna Raha, Sulawesi Tenggara 93600, Indonesia

³ Pusat Studi Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil, Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Wuna Raha, Sulawesi Tenggara 93600, Indonesia

Info Artikel:

Diterima: 4 Maret 2017

Disetujui: 27 April 2017

Dipublikasi: 27 Mei 2017

Keyword:

fertilizer, growth, phytoplankton, Muna, *Skeletonema costatum*

Korespondensi:

Rochmady

Pusat Studi Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil, Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Wuna Raha, Jl. Letjend Gatot Subroto Km.7 Lasalepa, Muna, Sulawesi Tenggara, Indonesia 93618

Email: rochmady@stipwunaraha.ac.id

ABSTRAK. *Skeletonema costatum* salah satu jenis fitoplankton yang umum dibudidayakan dalam pembenihan udang windu (*Penaeus monodon* Fabr.). Plankton *S. costatum* memiliki kandungan nutrisi tinggi, ukuran kecil digunakan sebagai pakan alami larva udang windu, khususnya pada stadia zoea sampai mysis. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian pupuk anorganik (NPK+Silikat) dengan dosis 5 ppm, 15 ppm, dan 20 ppm terhadap tingkat kepadatan *S. costatum* pada udang windu. Penelitian dilaksanakan selama 2 minggu pada bulan Juli 2011 di Balai Benih Ikan Pantai Muna, Desa Ghonebalano, Kecamatan Duruka, Kabupaten Muna, Sulawesi Tenggara. Percobaan menggunakan wadah stoples volume 3 L, media air laut salinitas 20 ppm. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan pupuk NPK dan Silikat yang dilarutkan dengan dosis 5 ppm, 10 ppm (Kontrol), 15 ppm dan 20 ppm dengan tiga kali ulangan. Kepadatan awal *S. costatum* 10.000 sel/mL setiap unit percobaan. Data dianalisis ANOVA menggunakan IBM SPSS Statistic 22. Hasil penelitian menunjukkan pemberian pupuk anorganik (NPK+Silikat) dengan dosis berbeda memberi pengaruh yang sangat nyata terhadap tingkat kepadatan sel *S. costatum*. Perlakuan dosis pupuk 15 ppm sangat berbeda nyata terhadap kontrol dan perlakuan lainnya, kepadatan sel rata-rata sebanyak 121.000 sel mL⁻¹. Berdasarkan pertumbuhan selnya, perlakuan dosis pupuk 15 ppm memiliki pertumbuhan terbaik dengan pertambahan sel rata-rata sebesar 1,2705 sel mL⁻¹ hari⁻¹.

ABSTRACT. *Skeletonema costatum* one type of phytoplankton commonly cultivated in the shrimp hatchery (*Penaeus monodon* Fabr.). Plankton *S. costatum* has a high nutrient content, small size is used as a natural feed of tiger shrimp larvae, especially in the zoea to mysis stadia. The aim of this research is to know the effect of inorganic fertilizer (NPK+Silicate) with dosage of 5 ppm, 15 ppm and 20 ppm to the density of *S. costatum* on tiger shrimp. The study was conducted for 2 weeks in July 2011 at UPTD Balai Benih Ikan Pantai Muna, Ghonebalano village, Duruka district, Muna regency, Southeast Sulawesi. The experiment used a 3-liter volume on stoples, a salinity water of 20 ppm. The study used Completely Randomized Design (RAL) with NPK and Silicate treated fertilizer with 5 ppm, 10 ppm (control), 15 ppm and 20 ppm with 3 replications. The initial density of *S. costatum* was 10,000 cells mL⁻¹ per unit. The data were analyzed by ANOVA using IBM SPSS Statistic 22. The results showed that inorganic fertilizer application (NPK+Silicate) with different dose gave a very real effect on the density of *S. costatum* cells. Treatment of 15 ppm fertilizer dosage was significantly different with control and other treatment, average cell density was 121,000 cells mL⁻¹. Based on cell growth, the 15 ppm fertilizer dosage has the best growth with an average cell increase of 1,2705 cells mL⁻¹ day⁻¹.



Copyright© Mei 2017 Akuatikisile: Jurnal Akuakultur, Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil
Under Licence a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License

1. Pendahuluan

Hatchery sebagai tempat pembenihan beberapa spesies ikan, udang, kepiting, kerang dan lainnya (Fast & Lester, 1992; Gjedrem & Baranski, 2009), juga menjadi tempat dilakukan kultur pakan alami bagi benih atau larva (Hadie & Supriatna, 1988; Mahida, 1993; Brown & Blackburn, 2013; Sathish Kumar et al., 2017). Pakan alami yang dibudidaya adalah jenis plankton

yang digolongkan kedalam jenis *phytoplankton*, *zooplankton*, dan *benthos* (Mahida, 1993; Isnansetyo & Kurniastuty, 1995; Gusrina, 2008; Salim, 2009). Pakan alami jenis *phytoplankton* memiliki ciri pergerakan terbatas, melayang-layang dan cenderung mengikuti gerakan air (Perry, 2003), berupa jasad nabati, berukuran kecil (Brown & Blackburn, 2013), terdiri dari satu atau beberapa sel (Reynolds, 2006), dan berfotosintesis oleh karena mengandung

kloroplas (Williams *et al.*, 2011). Bentuknya tubuh fitoplankton antara lain: oval, bulat dan seperti benang (Stafford, 1999). Menurut Chu *et al.*, (1987) bahwa fitoplankton merupakan sumber makanan kerang, ikan, udang, dan lainnya. Selain itu, fitoplankton merupakan biota utama dalam produktivitas perairan (Howarth *et al.*, 1988; Kaswadji *et al.*, 1993) yang berkaitan dengan jaring-jaring dan piramida makanan di laut (Reynolds, 2006; Pirzan & Pong-Masak, 2008; Williams *et al.*, 2011).

Pada hakekatnya kehidupan di bumi bergantung dari proses asimilasi CO₂ menjadi senyawa kimia organik dengan bantuan energi sinar matahari (Howarth *et al.*, 1988), salah satunya adalah fitoplankton jenis *S. costatum* (Hu *et al.*, 2003; Chen & Gao, 2004; Wu *et al.*, 2009; Spilling *et al.*, 2015). Jenis fitoplankton yang dibudidayakan dalam pembenihan pakan alami adalah jenis *Skeletonema costatum* (d'Ippolito *et al.*, 2003; Triswanto, 2011; Pérez *et al.*, 2017). *S. costatum* merupakan plankton jenis mikroalga (Bonen & Doolittle, 1975; Rico-Mora *et al.*, 1998; Kooistra *et al.*, 2008) yang umum digunakan sebagai pakan alami pada larva udang windu (*Penaeus monodon* Fabr.) (Mahida, 1993; Djarijah, 1995; Salim, 2009; Junda *et al.*, 2015). Kandungan nutrisi *S. costatum* yang tinggi menjadi salah satu faktor utama dipilih sebagai pakan alami (Caldwell *et al.*, 2003; Rudiyananti, 2011). Fitoplankton jenis *S. costatum* kaya akan asam lemak tak jenuh (Sikorski *et al.*, 1990; Levings *et al.*, 2004; Widasari *et al.*, 2013), ukurannya lebih kecil sesuai bukaan mulut udang pada fase nauplius hingga zoea (Isnansetyo & Kurniastuty, 1995; Junda *et al.*, 2015), serta mudah dikultur (Mahida, 1993). Diketahui *S. costatum* memiliki kandungan gizi: Protein 33,30 %, Lemak 8,10 %, Karbohidrat 11,60 %, Kadar abu 36 % bobot (Ekawati *et al.*, 1995). Menurut Wirosaputro (1998), kandungan gizi asam lemak *S. costatum* yaitu: EPA sebesar 13,8 dan HUFA Q3 sebesar 15,5. Hal ini sangat baik bagi pertumbuhan udang (Junda *et al.*, 2015).

Dalam kegiatan budidaya perikanan sangat dianjurkan menggunakan pakan alami untuk memacu pertumbuhan organisme budidaya (Djarijah, 1995; Isnansetyo & Kurniastuty, 1995; Sudaryono, 2006; Salim, 2009; Purba, 2012; Junda *et al.*, 2015). Pada budidaya udang khususnya penggunaan pakan alami fitoplankton jenis *S. costatum* sangat direkomendasikan sebagai asupan makanannya (Stafford, 1999; Caldwell *et al.*, 2003; Tahe & Suwoyo, 2011; Purba, 2012; Hendradjat & Mangampa, 2016). Oleh karena *S. costatum* memiliki kandungan nutrisi tinggi dan sesuai dengan bukaan mulut udang pada fase *nauplius* hingga *zoea* (Junda *et al.*, 2015).

Secara morfologi, fitoplankton jenis *S. costatum* mempunyai ukuran sel berkisar 4-15 µ. Antara sel yang satu dengan lainnya membentuk untaian rantai yang panjang. Sel *S. costatum* terdiri dari 2 bagian, yaitu bagian atas disebut *epiteka* dan bagian bawah disebut *hipoteka*. Bagian hipoteka terdapat lubang-lubang yang berpola khas terbuat dari silikon oksida, selnya dilindungi sitoplasma (Isnansetyo & Kurniastuty, 1995). Selain itu, sel *S. costatum* memiliki banyak pigmen *karotenoid* sehingga berwarna hijau dipenuhi plastida atau kloroplas (Bold & Wynne, 1985). Keberhasilan dari kultur *S. costatum* dapat dilihat dari media air kultur yang berwarna kecoklatan. Bibit tidak mengendap, dan pada pengamatan dibawah mikroskop terlihat filament-filament selnya. Semakin panjang filament, semakin baik pertumbuhan *S. costatum* (terdapat 7-9 sel/filamen) (Taw, 1990).

Nutrien yang dibutuhkan *S. costatum* terbagi atas dua kelompok yaitu makro nutrisi dan mikro nutrisi (Stafford, 1999; Rudiyananti, 2011; Triswanto, 2011; Mudhakiroh & Soeprbowati, 2012). Makro nutrisi yaitu kelompok nutrisi yang dibutuhkan dalam jumlah cukup besar seperti nitrogen, fosfat, dan silikat (Tacon, 1987; Boonyaratpalin, 1997; Tambaru *et al.*, 2011; Spilling *et al.*, 2015). Sedangkan mikro nutrisi adalah kelompok nutrisi yang dibutuhkan dalam kadar kecil terdiri dari bahan organik dan anorganik (Chumaidi *et al.*, 2009). Untuk pertumbuhan fitoplankton dibutuhkan lebih banyak nitrogen (N)

daripada fosfat (P), dengan rasio berkisar 6:1 sampai dengan 10:1 (Subarijanti, 1990). Lebih lanjut dijelaskan bahwa hampir semua jenis pupuk buatan pada umumnya berasal dari senyawa anorganik atau pupuk mineral.

Dalam kultur pakan alami, pemberian pupuk dimaksudkan untuk meningkatkan unsur hara Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K) yang dibutuhkan organisme budidaya. Kebutuhan unsur hara dimaksudkan untuk meningkatkan kesuburan tanaman dengan cara mencampur atau memformulasi (*mixed fertilizer*) beberapa jenis pupuk menjadi satu bagian (Burkhardt & Riebesell, 1997; Rosmarkam & Yuwono, 2002). Kandungan unsur hara atau unsur pembangun seperti unsur N, P, dan K pada pupuk jenis KCl (Kaliumklorida), pupuk jenis Silikat (Na₂SiO₄H₂O), memiliki kadar Natrium, Silikat (Si), dan Oksigen (O₂), serta pupuk jenis NPK (mark German) memiliki kandungan: 60% (N), 60% (P), 60% (K) (Sutejo, 1987).

Unsur nutrisi yang diperlukan fitoplankton dalam jumlah besar disebut makro nutrisi seperti Nitrogen, Fosfor, Besi, Sulfur, Magnesium, Kalium dan Kalsium. Unsur hara yang dibutuhkan dalam jumlah yang relatif kecil disebut mikro nutrisi seperti Tembaga, Mangan, Seng, Boron, Molybdenum dan Cobalt (Sylvester *et al.*, 2002). Disamping unsur anorganik, plankton juga membutuhkan unsur organik antara lain vitamin. Ada 3 vitamin yang diketahui sangat diperlukan sebagian besar plankton yaitu: *Cynocobalamin* (vitamin B12), *thiamin* (vitamin B1) dan *biotin*. Lebih dari 70% plankton membutuhkan vitamin B12 untuk merangsang pertumbuhannya (Fogg *et al.*, 1965; Sen *et al.*, 1966). Vitamin B12 sangat penting untuk merangsang perkembangan plankton walaupun dibutuhkan dalam jumlah sedikit (Fogg *et al.*, 1965; UCLA, 1999; Perry, 2003; Amin & Mansyur, 2010). Selain itu vitamin B12 dalam media kultur plankton berperan sebagai faktor perangsang pertumbuhan (*growth factor*) yang dapat merangsang fotosintesis.

Namun demikian, tidak semua daerah atau wilayah khususnya di Indonesia yang dapat menyediakan *S. costatum* dalam jumlah yang memadai bagi pemeliharaan udang. Keterbatasan akan ketersediaan pakan alami *S. costatum* menjadi penting melakukan sistem kultur masal untuk meningkatkan populasi atau kepadatan selnya (Rudiyananti, 2011). Salah satu teknik kultur masal yang digunakan adalah dengan pemupukan. Pemupukan dilakukan untuk meningkatkan kesuburan air media kultur (Sylvester *et al.*, 2002). Jenis pupuk yang digunakan dalam kultur *S. costatum* berupa pupuk organik dan anorganik (Isnansetyo & Kurniastuty, 1995). Jenis pupuk anorganik, khususnya pupuk teknis pertanian seperti Urea, NPK dan Silikat, ukuran partikel kecil dan mudah larut dalam air (Christiani, 2012). Dengan ukuran partikel tersebut relatif memudahkan atau mempercepat proses penyerapan bahan nutrisi oleh sel-sel *S. costatum*.

Untuk itu perlu pengetahuan dan informasi tentang pemupukan dalam sistem kultur masal *S. costatum*, khususnya penggunaan jenis pupuk anorganik. Kurangnya informasi tentang penggunaan pupuk anorganik (NPK+Silikat) dengan dosis berbeda terhadap tingkat kepadatan fitoplankton *S. costatum* dipandang perlu dilakukan penelitian. Selain itu agar dapat menghindari adanya kegagalan atau kendala dalam pembenihan udang akibat ketersediaan pakan alami yang kurang memadai. Untuk itu perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh pemberian pupuk anorganik (NPK+Silikat) dengan dosis berbeda terhadap tingkat kepadatan fitoplankton jenis *S. costatum* pada pembenihan udang windu. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian pupuk anorganik (NPK+Silikat) dengan dosis 5 ppm, 15 ppm, dan 20 ppm terhadap tingkat kepadatan fitoplankton jenis *S. costatum* pada pembenihan udang windu. Penelitian diharapkan menjadi bahan informasi dalam kultur pakan alami jenis *S. costatum* dalam upaya pengembangan dan pengkayaan pakan alami bagi usaha pembenihan ikan maupun udang.

2. Bahan dan Metode

2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan selama dua minggu pada bulan Juli 2011, bertempat di UPTD Balai Benih Ikan Pantai (BBIP) Ghonebalano, Dinas Kelautan dan Perikanan, Desa Ghonebalano, Kecamatan Duruka, Kabupaten Muna, Sulawesi Tenggara, Indonesia. Analisis data dilakukan Laboratorium Budidaya Perairan, Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Wuna Raha, Sulawesi Tenggara, Indonesia.

2.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah stoples bening sebagai wadah uji, gelas ukur sebagai wadah ukur, pipet tetes untuk mengambil sampel, botol *erlenmeyer* sebagai wadah air media (air laut), kaca preparat sebagai wadah pengamatan, *haematocytometer* untuk menghitung sampel *S. costatum*, *hand counter* sebagai alat bantu hitung sampel, *blower*, *refractometer* untuk mengukur salinitas air media, saringan air, lampu *neon* 40 watt (2.000 lux), selang sifon, timbangan digital ketelitian 0,01 g, DO meter, pH meter digital, termometer digital, mikroskop elektrik binokuler.

Bahan yang digunakan adalah deterjen untuk membersihkan wadah penelitian. Larutan klorin 150 ppm untuk menetralkan wadah penelitian. Air laut sebagai media pemeliharaan sampel. Pupuk (NPK+Silikat) dilarutkan sebagai bahan perlakuan penelitian, dan sampel *S. costatum* sebagai hewan uji.

2.3. Prosedur Penelitian

2.3.1. Persiapan wadah kultur

Stoples dibersihkan menggunakan larutan deterjen, kemudian dibilas menggunakan air bersih. Selanjutnya dilakukan klorinasi menggunakan larutan klorin/kaporit konsentrasi 150 ppm. Selanjutnya stoples dikeringkan. Sebelum diisi air laut, stoples diberi label sesuai perlakuan penelitian, yakni perlakuan A, B, C dan K (kontrol) beserta ulangannya. Dengan demikian jumlah keseluruhan satuan percobaan sebanyak 12 unit.

2.3.2. Persiapan air media kultur

Air laut diperoleh dari perairan sekitar lokasi penelitian, perairan Desa Ghonebalano, Kecamatan Duruka, Kabupaten Muna, Sulawesi Tenggara. Air laut yang diperoleh kemudian disaring. Penyaringan air laut dilakukan di Balai Benih Ikan Pantai (BBIP) Ghonebalano, Kabupaten Muna melalui dua tahap, yaitu penyaringan menggunakan *sandfilter* dan *filterbag*. *Sandfilter* digunakan untuk menyaring air laut dari pasir atau partikel kasar. *Filterbag* digunakan untuk menyaring air laut dari partikel kecil atau sedimen terlarut. Setelah dilakukan proses penyaringan, kemudian air laut diencerkan salinitasnya hingga mencapai 20 ppt. Hal ini dilakukan karena air laut di perairan sekitar BBIP Ghonebalano bersalinitas 34 ppt. Pengenceran menggunakan rumus sebagai berikut:

$$S_n = \frac{(S_1 \times V_1) + (S_2 \times V_2)}{V_1 + V_2} \times 100\%$$

Keterangan: S_n : salinitas yang diinginkan, S_1 : salinitas air yang akan diencerkan, S_2 : salinitas air pengencer, V_1 : volume air yang akan diencerkan, V_2 : volume air pengencer.

2.3.3. Pemupukan

Pupuk yang diberikan dalam kultur *Skeletonema costatum* adalah pupuk cair yang terdiri dari KNO_3 , NaH_2PO_4 , Na_2SiO_3 , EDTA, FeCb dan Vitamin B12 (Syakirin, 2015). Penggunaan masing-masing pupuk adalah 0,5 ml L^{-1} air media kultur. Jadi banyaknya pupuk yang diberikan dalam 2 L air kultur adalah 1

ml. Cara pemberian pupuk cair pada air media kultur menggunakan mikro pipet, untuk setiap pupuk menggunakan pipet yang berbeda. Air media kultur dibiarkan selama ± 5 menit sebelum bibit ditebar agar pupuk dapat tercampur merata dengan media kultur.

Pupuk yang digunakan dalam penelitian kultur *S. costatum* diencerkan menggunakan air media kultur. Dosis yang digunakan sesuai perlakuan penelitian. Pengenceran pupuk menggunakan rumus berikut:

$$X = \frac{V \times K}{P}$$

Keterangan: X: berat nutrient yang dicari (untuk diencerkan) (mg), V: volume pengenceran (ml), K: konsentrasi nutrient yang digunakan (ppm), P: penggunaan dalam proses kultur ($ml L^{-1}$).

2.3.4. Persiapan hewan uji

Bibit *S. costatum* berasal dari hasil kultur massal Balai Benih Ikan Pantai (BBIP) Ghonebalano, Muna. Bibit diperoleh dengan cara mengalirkan air media kultur melalui selang ke dalam kantong panen (*plankton net*) berukuran 1 μm hingga tersisa padatannya saja. Padatan sel *S. costatum* dalam kantong panen kemudian dibilas dengan air steril yang telah disiapkan. Kemudian bibit dimasukkan ke dalam ember dan diberi aerasi dengan kecepatan rendah untuk menghindari kerusakan sel. Selanjutnya mengambil *S. costatum* menggunakan gelas ukur (*beaker glass*) untuk dilakukan perhitungan. Penghitungan jumlah atau kepadatan sel calon bibit (inokulan) dilakukan dengan menggunakan *haematocytometer*. Penghitungan dilakukan dengan cara mengambil sampel menggunakan pipet tetes, kemudian sampel diteteskan pada bagian tengah permukaan *haematocytometer*. Penetesan dilakukan secara hati-hati agar tidak terjadi penggelembungan udara, kemudian menutup permukaan *haematocytometer* dengan *cover glass* kemudian dilakukan pengamatan dibawah mikroskop. Selanjutnya menghitung kepadatan sel dengan alat bantu *handcounter*. Kepadatan awal bibit *S. costatum* adalah sebesar 10.000 sel ml^{-1} .

2.3.5. Teknik kultur

Proses penelitian dimulai saat hewan uji *S. costatum* telah mencapai fase *intermediat* dengan sistem kultur massal yang dilakukan sebelumnya. Selanjutnya, memasukkan air media kultur sebanyak tiga liter ke dalam wadah penelitian. Setiap unit percobaan diberikan *S. costatum* sebanyak 10.000 sel. Pengamatan dalam penelitian dimulai pukul 08.00 selama 24 jam. Perlakuan yang diberikan yaitu pupuk (NPK+Silikat) yang dilarutkan dengan dosis berbeda. Pengamatan dan pengambilan data dilakukan setiap interval waktu empat jam sampai pada esok harinya, yaitu pukul 07.00.

Pengambilan data dilakukan dengan mengambil beberapa sampel setiap perlakuan menggunakan pipet tetes yang segera ditempatkan pada *haematocytometer* dan ditutup dengan kaca preparat, kemudian diamati pada mikroskop elektrik. Data yang diperoleh kemudian dikonversi ke dalam peubah yang diamati dan analisa data yang telah ditentukan.

2.4. Rancangan Penelitian

Perlakuan penelitian terdiri tiga perlakuan dan satu kontrol, masing-masing tiga ulangan sehingga keseluruhan satuan percobaan terdapat 12 unit. Denah rancangan penelitian disajikan pada Gambar 1. Uraian dari keseluruhan percobaan dalam penelitian sebagai berikut:

Perlakuan A = Pupuk 5 ppm; ulangan = A1, A2, A3
 Perlakuan B = Pupuk 15 ppm; ulangan = B1, B2, B3
 Perlakuan C = Pupuk 20 ppm; ulangan = C1, C2, C3
 Kontrol (K) = Pupuk 10 ppm; ulangan = K1, K2, K3

A3	B1	A2	B2	A1	B2
C3	K1	C1	K3	C2	K2

Gambar 1. Tata letak penempatan satuan penelitian setelah pengacakan. A, B, C, dan K menunjukkan perlakuan, 1-3 menunjukkan ulangan.

2.5. Variabel Uji

2.5.1. Pertumbuhan relatif

Tingkat kelangsungan hidup dihitung dengan rumus Effendie (1997) sebagai berikut:

$$SR = \frac{N_t}{N_0} \times 100\%$$

Keterangan: SR: tingkat kelangsungan hidup (%), N_0 : jumlah seluruh udang pada waktu tebar (ekor), dan N_t : jumlah udang hidup pada waktu t (ekor).

2.5.2. Kepadatan sel

Kepadatan *S. costatum* dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Sen et al., 1966)

$$K = \frac{n}{x} \times 10.000 \text{ sel/ml}$$

Keterangan: K: Kepadatan algae, n: Jumlah algae terhitung, x: Jumlah lajur sel alga yang dihitung.

2.6. Kualitas Air

Pengukuran kualitas air dilakukan pada pagi dan sore hari. Data kualitas air yang diukur adalah suhu, pH, salinitas, dan oksigen terlarut (DO). Data hasil pengukuran kualitas air dibandingkan dengan hasil penelitian lain yang relevan sebagai standar kualitas air bagi pemeliharaan udang vanname. Hasil pengukuran kualitas air kemudian dianalisis secara deskriptif.

2.7. Analisis Data

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap variabel penelitian dianalisis menggunakan ANOVA dengan bantuan IBM SPSS Statistic 22. dengan persamaan sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \pi + T_i + \epsilon_{ij}$$

Keterangan: π = nilai tengah populasi, T_i = pengaruh aditif dari perlakuan ke-i, ϵ_{ij} = Galat percobaan dari perlakuan ke-i pada

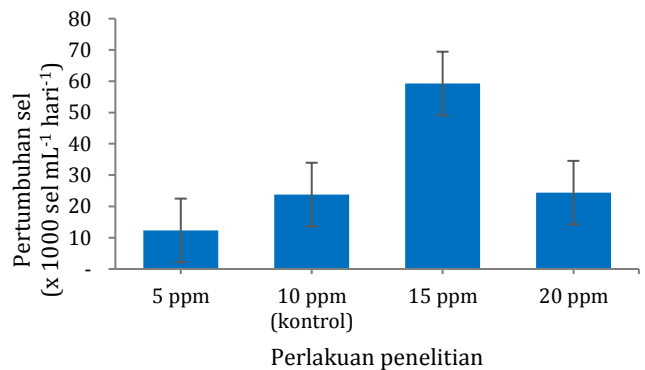
pengamatan ke-j, i = Jumlah perlakuan ($i = 1, 2, 3, \dots, t$), j = Jumlah ulangan dalam perlakuan ke-i ($j = 1, 2, 3, \dots, ri$). Apabila $F_{hit} > F_{tab}$ dilanjut dengan uji LSD ($\alpha, 05$).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Kepadatan Sel

Kepadatan sel rata-rata *S. costatum* setiap perlakuan selama masa kultur disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan hasil perhitungan kepadatan rata-rata sel *S. costatum* diketahui bahwa perlakuan pupuk dengan dosis 15 ppm memiliki tingkat kepadatan lebih tinggi dibanding perlakuan lainnya. Perlakuan dosis pupuk 15 ppm mencapai kepadatan sel maksimum pada hari ke-4 sebesar 121.000 sel mL^{-1} . Selanjutnya berturut-turut diikuti perlakuan dosis pupuk 20 ppm mencapai kepadatan sel maksimum pada hari ke-4 dengan kepadatan sel rata-rata sebesar 44.700 sel mL^{-1} , Kontrol (dosis pupuk 10 ppm) mencapai kepadatan sel maksimum pada hari ke-4 dengan kepadatan sel rata-rata sebesar 41.700 sel mL^{-1} dan perlakuan dosis pupuk 5 ppm mencapai kepadatan sel maksimum pada hari ke-3 dengan kepadatan sel rata-rata sebanyak 23.300 sel mL^{-1} . Hal ini menunjukkan bahwa dosis pupuk yang digunakan pada perlakuan B (dosis pupuk 15 ppm) merupakan dosis yang tepat untuk meningkatkan kepadatan sel dan memperpanjang masa kultur *S. costatum* (Gambar 2).

Untuk mendukung kehidupannya, *S. costatum* memerlukan bahan-bahan organik dan anorganik yang diambil dari lingkungannya (Fogg et al., 1965; Panggabean, 2006). Fungsi utama bahan nutrisi adalah sebagai sumber energi dan pembangun sel. Pada kultur *S. costatum* sangat dibutuhkan berbagai senyawa organik, yakni unsur hara makro (Nitrogen, Fosfor, Besi, Sulfat, magnesium, Kalsium dan Kalium) dan unsur hara mikro (Tembaga, Mangan, Seng, Boron, Molibdenum dan Cobalt) (Zulkifli & Efriyeldi, 2003).



Gambar 2. Pertumbuhan relatif *Skeletonema costatum* pada berbagai dosis pupuk selama penelitian.

Tabel 1. Kepadatan sel rata-rata *Skeletonema costatum* setiap perlakuan.

Perlakuan dosis pupuk	Masa kultur (hari)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
A (5 ppm)	10.000	18.333	23.333	23.333	21.667	2.000	0	0
K (10 ppm)	10.000	22.667	30.667	41.667	41.667	41.667	2.833	0
B (15 ppm)	10.000	21.667	57.333	121.000	121.000	121.000	18.667	3.600
C (20 ppm)	10.000	20.000	28.333	44.667	44.667	44.667	2.000	0

Tabel 2. Pertumbuhan relatif *Skeletonema costatum* pada berbagai dosis pupuk selama penelitian.

Perlakuan dosis pupuk	Ulangan			Rata-rata (sel $\text{mL}^{-1} \text{ hari}^{-1}$)
	1	2	3	
A (5 ppm)	0.5497	0.5403	0.5475	0.5458
K (10 ppm)	0.3835	0.3853	0.3861	0.3850
B (15 ppm)	1.2603	1.2742	1.2768	1.2705
C (20 ppm)	0.3861	0.3861	0.3901	0.3874

Pemberian pupuk anorganik (NPK+Silikat) dengan dosis pupuk 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, dan 20 ppm, diperoleh data pertumbuhan relatif *S. costatum* sebagaimana disajikan pada **Gambar 2** *Error! Reference source not found.* Hasil yang diperoleh menunjukkan konsentrasi pupuk (NPK+Silikat) dengan dosis 15 ppm yang paling sesuai untuk mendapatkan pertambahan sel *S. costatum* paling tinggi dengan pertambahan sel rata-rata sebesar $1,2705 \text{ sel mL}^{-1} \text{ hari}^{-1}$. Selanjutnya berturut-turut diikuti perlakuan 5 ppm dengan pertambahan sel rata-rata sebesar $0,5458 \text{ sel mL}^{-1} \text{ hari}^{-1}$, perlakuan 20 ppm dengan pertambahan sel rata-rata sebesar $0,3874 \text{ sel mL}^{-1} \text{ hari}^{-1}$ dan Kontrol dengan pertambahan sel rata-rata sebesar $0,3850 \text{ sel mL}^{-1} \text{ hari}^{-1}$. Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan pemberian dosis pupuk (NPK+Silikat) berpengaruh nyata terhadap kepadatan sel *S. costatum* ($F_{\text{hit}} > F_{\text{tab}}$). Hal ini menunjukkan variasi dosis pupuk berpengaruh terhadap tingkat kepadatan sel *S. costatum*.

3.2. Pertumbuhan Sel

Berdasarkan kepadatan sel pada **Tabel 2** dibuat pola pertumbuhan sel *S. costatum*, diketahui bahwa setiap perlakuan memiliki pola pertumbuhan yang sama. Pertumbuhan sel dimulai sejak hari pertama kultur sampai mencapai puncaknya pada hari keempat. Pada dua sampai tiga hari berikutnya, pertumbuhan sel menjadi statis dan selanjutnya kepadatan sel mulai menurun secara signifikan.

Pola pertumbuhan sel mikroalga terdiri dari fase adaptasi (*lag phase*), fase logaritmik (*logarithmic phase*), fase penurunan laju pertumbuhan (*phase of declining growth rate*), fase stasioner (*stationary phase*), dan fase kematian (*death phase*) (Bonen & Doolittle, 1975; Bold & Wynne, 1985; Panggabean, 2006; Boyer et al., 2009; Fauziah & Hatta, 2015). Fase logaritmik merupakan tahapan dimana terjadi peningkatan jumlah sel secara logaritmik atau eksponensial. Setelah fase logaritmik terjadi fase stasioner, yaitu penambahan jumlah sel-sel mengalami penurunan atau pertumbuhan tidak secara logaritmik. Selanjutnya fase stasioner dimana tidak ada penambahan jumlah populasi mikroalga. Selanjutnya terjadi fase kematian (*death phase*) dimana terjadi penurunan jumlah populasi mikroalga.

Pada **Gambar 3** *Error! Reference source not found.* diketahui setiap perlakuan dosis pupuk tidak mengalami fase adaptasi karena sejak hari pertama kepadatan sel telah mengalami pertambahan. Pertumbuhan mikroalga di dalam kultur tidak selalu mengalami fase *lag* apabila kondisi lingkungan telah sesuai dengan lingkungan sebelumnya (Panggabean, 2006; Setyaningsih et al., 2006). Selain itu, pertumbuhan *S. costatum* mempunyai fase stasioner yang sama panjangnya yaitu selama tiga hari kecuali pada perlakuan dosis pupuk 5 ppm, dimana fase stasionernya berlangsung selama dua hari. Umur kultur

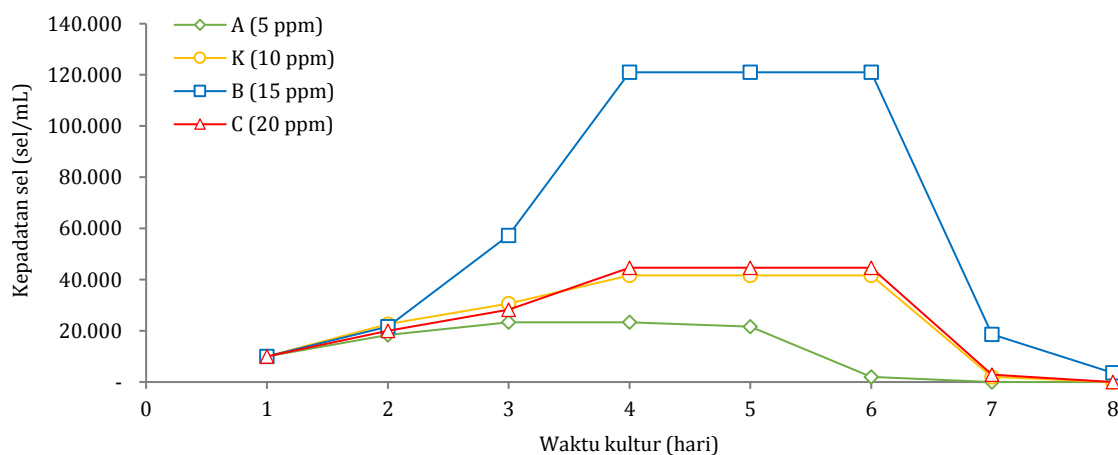
perlakuan dosis pupuk 5 ppm lebih cepat yaitu selama tujuh hari. Berbeda dengan perlakuan lain (B, C dan Kontrol), mempunyai umur kultur (masa inkubasi) sebanyak delapan hari.

Fase stasioner ditandai dengan pertumbuhan populasi yang statis dimana sel-sel yang mati digantikan secara berimbang oleh sel-sel baru (Fogg et al., 1965; Sen et al., 1966; Setyaningsih et al., 2006). Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan stasioner pada kultur diatome atau mikroba pada umumnya antara lain penurunan intensitas cahaya. Kepadatan sel yang tinggi menyebabkan penetrasi cahaya terhalang oleh bayangan mereka sendiri (*self shading*). Faktor lain yang menyebabkan penurunan pertumbuhan adalah produk ekstraseluler hasil ekskresi mikroba dalam kultur (metabolit) yang meracuni dirinya sendiri.

Berdasarkan hasil analisis ragam menunjukkan penggunaan dosis pupuk berbeda memberi pengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap kepadatan *S. costatum* dengan $F_{\text{hit}} > F_{\text{tab}}$ ($F_{\text{hit}} 19469,38 > F_{\text{tab}} 7,5910$). Dengan demikian H_0 ditolak pada taraf 1%. Hasil Uji LSD menunjukkan semua perlakuan memberi perbedaan sangat nyata, baik perlakuan A (dosis 5 ppm), B (dosis 15 ppm) dan perlakuan C (dosis 20 ppm) pada taraf signifikansi 99% ($P < 0,01$). Sementara perlakuan C (dosis 20 ppm) dan Kontrol (dosis 10 ppm) tidak ada perbedaan nyata, baik pada taraf 95% maupun pada taraf 99%. Berdasarkan hasil analisis ragam dan uji LSD menunjukkan dosis pupuk yang tepat untuk mengoptimalkan kepadatan dan pertumbuhan *S. costatum* adalah dosis pupuk 15 ppm (B).

Pentingnya mengetahui pola pertumbuhan dalam kultur mikroalga atau fitoplankton, khususnya *S. costatum*, adalah untuk menjaga ketersediaan dan keberlanjutannya. Kunci keberhasilan kultur algae adalah mempertahankannya pada tahap eksponensial (Martosudarmo & Wulani, 1990). Cara mempertahankan kultur agar tetap eksponensial antara lain: 1) Memindahkan bibit yang masih dalam tahap eksponensial ke dalam skala yang lebih besar (*batch culture*). 2) Memelihara kultur dalam volume yang besar dan dipanen secara berkala, diikuti dengan penambahan air bersih dan pupuk (*continuous culture*).

Pertumbuhan fitoplankton ditandai dengan bertambahnya jumlah sel yang melalui beberapa fase (Isnansetyo & Kurniastuty, 1995). Dengan melihat pola pertumbuhan dari fase tersebut maka dapat diketahui waktu yang tepat untuk memanen algae tersebut, baik yang akan diberikan ke larva sebagai pakan alami maupun digunakan sebagai *inokulan* (calon bibit) untuk kultur selanjutnya. Perkembangan *S. costatum* terbagi menjadi dua cara, yaitu secara aseksual (vegetatif) dan secara seksual (generatif). Secara aseksual yaitu dengan mengadakan pembelahan sel secara terus menerus apabila kondisi media hidupnya terpenuhi. Pembelahan sel *S. costatum*, yaitu protoplasma terbagi menjadi dua bagian yang disebut epiteka dan hipoteka, masing-masing



Gambar 3. Pola pertumbuhan *Skeletonema costatum* berbagai dosis pupuk selama penelitian.

dari bagian ini akan membentuk *epiteka* dan *hipoteka* baru yang ukurannya lebih kecil dari ukuran induknya (Sumeru & Anna, 1992). Pembelahan sel yang berulang-ulang mengakibatkan ukuran sel *S. costatum* semakin mengecil. Disaat ukuran sel telah mencapai 7 μ , maka reproduksi *S. costatum* tidak lagi terjadi secara aseksual tetapi berubah menjadi reproduksi secara seksual melalui pembentukan *Axospora* (Isnansetyo & Kurniastuty, 1995). *Axospora* akan membentuk *epiteka* dan *hipoteka* baru yang tumbuh menjadi sel yang ukurannya semakin membesar. Setelah itu, sel akan melakukan pembelahan lagi hingga membentuk seperti rantai.

3.3. Kualitas Air

Hasil kultur *S. costatum* yang baik dengan kepadatan tinggi dipengaruhi beberapa faktor antara lain adalah unsur hara (nutrien) dalam air media pemeliharaan, harus sesuai dengan kebutuhan jenis plankton yang akan dikultur (Yang *et al.*, 2013; Huang *et al.*, 2015, 2016). Kualitas air merupakan faktor lain yang sangat mempengaruhi pertumbuhan sel *S. costatum* karena air sebagai media hidupnya. Parameter kualitas air yang mempengaruhi antara lain suhu, salinitas, dan intensitas cahaya (Salim, 2009). Parameter lingkungan berperan penting dalam pengaturan proses metabolisme organisme perairan (Susiana, 2011, 2015; Rochmady *et al.*, 2016). Suhu mempengaruhi suatu stadium daur hidup organisme dan merupakan faktor pembatas penyebaran suatu spesies (Rochmady, 2011).

Dalam mempertahankan kelangsungan hidup dan reproduksi secara ekologis perubahan suhu menyebabkan perbedaan komposisi dan kelimpahan *S. costatum* (Triswanto, 2011). Proses aerasi sangat penting untuk mempertahankan suhu tetap homogen, serta penyebaran nutrien tetap merata. Sirkulasi air dapat mencegah pengendapan plankton dan menimbulkan getaran air yang menyerupai getaran di alam (Mudjiman, 2009). Hasil pengamatan terhadap suhu air media kultur *S. costatum* cenderung konstan pada semua perlakuan yakni pada kisaran 26-27°C. Hal ini disebabkan karena posisi wadah penelitian yang berada dalam ruangan tertutup. Walaupun demikian, kisaran tersebut masih berada pada kisaran suhu optimum untuk air media kultur *S. costatum*. Untuk kultur berbagai jenis alga dibawah 30°C merupakan suhu yang optimum. Untuk pertumbuhan optimal, alga ini membutuhkan kisaran suhu antara 25-27°C (Isnansetyo & Kurniastuty, 1995). Suhu yang bisa ditoleransi oleh *S. costatum* berkisar 25-34°C, sedangkan suhu optimalnya 25-27°C (Winanto, 2004). Alternatif apabila suhu terlalu rendah maka peningkatan suhu dengan cara pemasangan lampu TL 40 watt di atas permukaan media. Jika suhu media lebih tinggi dapat dilakukan penambahan sirkulasi udara ruangan dengan penggunaan ventilasi.

Salinitas merupakan salah satu parameter kualitas air yang mempengaruhi tekanan osmotik antara protoplasma sel organik dengan lingkungannya (Rochmady, 2015). Hasil pengamatan terhadap suhu air media kultur *S. costatum* diketahui bahwa semua perlakuan berada pada salinitas 20 ppt. Kisaran nilai salinitas yang bisa ditoleransi oleh *S. costatum* antara 15-34 ppt, pertumbuhan optimalnya pada salinitas 25-29 ppt (Isnansetyo & Kurniastuty, 1995), salinitas 15-34 ppt dan salinitas optimal 20-29 ppt (Winanto, 2004). Salinitas lebih tinggi atau lebih rendah akan mengganggu proses metabolisme sel sehingga pertumbuhan *S. costatum* melambat. Jenis *S. costatum* umumnya hidup di sekitar permukaan pantai dengan perairan bersifat payau dengan salinitas tidak terlalu tinggi (Rudiyanti, 2011).

Pertumbuhan *S. costatum* sangat tergantung pada intensitas cahaya matahari selama fotosintesis (Hu *et al.*, 2003; Kooistra *et al.*, 2008). Cahaya yang diterima banyak maka suhu cenderung meningkat. Kisaran cahaya yang baik untuk pertumbuhan *S. costatum* adalah 500-12.000 lux. Apabila lebih dari 12.000 lux maka pertumbuhannya akan menurun (Winanto, 2004). Ruang kultur *S. costatum* biasanya intensitas cahaya

berkisar antara 500-5.000 lux (Mudjiman, 2009). Penelitian dilakukan dalam ruangan tertutup, dengan cahaya bersumber dari lampu TL 40 watt (12 jam terang, 12 jam gelap). Cahaya yang diterima lebih banyak maka suhu cenderung meningkat (Chen & Gao, 2004). Untuk kultur penyediaan bibit, intensitas cahaya yang diberikan berkisar antara 500-1.000 lux (12 jam terang, 12 jam gelap). Kultur massal diruang terbuka, intensitas cahaya lebih baik diberikan dibawah 10.000 lux (Isnansetyo & Kurniastuty, 1995).

Aerasi diperlukan terutama untuk sirkulasi air media sehingga tidak terjadi stratifikasi, selain itu agar pupuk yang diberikan bisa diterima secara merata. Aerasi dibutuhkan sebagai akselerasi pemasukan udara terutama CO₂ dan O₂ (Wu *et al.*, 2012). Akselerasi yang baik untuk *S. costatum* tidak terlalu besar, karena apabila aerasi terlalu besar maka akan memutuskan filament sehingga *S. costatum* akan hancur (Winanto, 2004). Pemberian Aerasi penting untuk mensuplai oksigen pada media kultur. Kadar DO yang dibutuhkan berkisar 5-9 ppm (Winanto, 2004). Lebih lanjut dijelaskan, pH air media *S. costatum* berkisar 7,5-8.

4. Simpulan

Dosis pupuk (NPK+Silikat) berpengaruh sangat nyata terhadap kepadatan dan pertumbuhan kultur sel *S. costatum*. Dosis pupuk 15 ppm merupakan dosis pupuk ideal dalam kultur sel *S. costatum* pada budidaya udang windu. Disarankan dalam mengamati dan menghitung sel *S. costatum* agar dilakukan secara teliti karena sel-sel mudah menggumpal dan putus.

5. Ucapan Terima Kasih

Terimakasih disampaikan kepada Kepala Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Muna dan Kepala Balai Benih Ikan Pantai (BBIP) Ghonebalano Kecamatan Duruka, Kabupaten Muna, Sulawesi Tenggara, Indonesia atas izin melaksanakan penelitian. Kepada para staf dan pegawai BBAP yang telah membantu penulis dalam pelaksanaan penelitian. Terimakasih kepada saudari Elna Ningsih yang telah membantu dalam penulisan naskah.

6. Referensi

- Amin, M. & Mansyur, A., 2010. Pertumbuhan plankton pada aplikasi probiotik dalam pemeliharaan udang windu (*Penaeus monodon Fabricius*) di bak terkontrol. In: *Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur*, pp. 261-268.
- Bold, H. C. & Wynne, M. J., 1985. *Introduction to the algae*. New Jersey: Prentice Hall Inc., 720 p.
- Bonen, L. & Doolittle, W. F., 1975. On the prokaryotic nature of red algal chloroplasts. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 72(6): 2310-2314, ISSN: 0027-8424, DOI: 10.1073/pnas.72.6.2310.
- Boonyaratpalin, M., 1997. Nutrient requirements of marine food fish cultured in Southeast Asia. *Aquaculture*, 151(1): 283-313, ISSN: 00448486, DOI: 10.1016/S0044-8486(96)01497-4.
- Boyer, J. N.; Kelble, C. R.; Ortner, P. B. & Rudnick, D. T., 2009. Phytoplankton bloom status: Chlorophyll a biomass as an indicator of water quality condition in the southern estuaries of Florida, USA. *Ecological Indicators*, 9(6 SUPPL.): 56-67, ISSN: 1470160X, DOI: 10.1016/j.ecolind.2008.11.013.
- Brown, M. R. R. & Blackburn, S. I. I., 2013. Live microalgae as feeds in aquaculture hatcheries. In: *Advances in Aquaculture Hatchery Technology*, Woodhead Publishing Limited, pp. 117-156, ISBN: 9780857091192, DOI: 10.1533/9780857097460.1.117.
- Burkhardt, S. & Riebesell, U., 1997. CO₂ availability affects elemental composition (C:N:P) of the marine diatom *Skeletonema costatum*. *Marine Ecology Progress Series*, 155: 67-76, ISSN: 01718630, DOI: 10.3354/meps155067.
- Caldwell, G. S.; Bentley, M. G. & Olive, P. J. W., 2003. The use of a brine shrimp (*Artemia salina*) bioassay to assess the toxicity of diatom extracts and short chain aldehydes. *Toxicol*, 42(3): 301-306, ISSN: 00410101, DOI: 10.1016/S0041-0101(03)00147-8.
- Chen, X.-W. & Gao, K.-S., 2004. Roles of carbonic anhydrase in

- photosynthesis of *Skeletonema costatum*. *Zhi wu sheng li yu fen zi sheng wu xue xue bao = Journal of plant physiology and molecular biology*, 30(5): 511–6, ISSN: 1671-3877.
- Christiani, C., 2012. *Pemberian Pupuk Urea dan Tsp dapat Berpengaruh Terhadap Peningkatan Kesuburan Plankton Kolam*. pp. 1–4.
- Chu, F. L. E.; Webb, K. L.; Hepworth, D. A. & Casey, B. B., 1987. Metamorphosis of larvae of *Crassostrea virginica* fed microencapsulated diets. *Aquaculture*, 64(3): 185–197, ISSN: 00448486, DOI: 10.1016/0044-8486(87)90324-3.
- Chumaidi, ; Nurhidayat, . & Priyadi, A., 2009. The Rearing of Clown Loach (*Chromobotia macracanthus*) Larvae by Using Enriched Live Foods. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 8(1): 11, ISSN: 2354-6700, DOI: 10.19027/jai.8.11-18.
- d'Ippolito, G.; Romano, G.; Caruso, T.; Spinella, A.; Cimino, G. & Fontana, A., 2003. Production of Octadienal in the Marine Diatom *Skeletonema costatum*. *Organic Letters*, 5(6): 885–887, ISSN: 1523-7060, DOI: 10.1021/ol034057c.
- Djarajah, A. S., 1995. *Pakan Ikan Alami*. Jakarta: Kanisius, 88 p., ISBN: 9794974412.
- Effendie, M. I., 1997. *Biologi Perikanan*. Yogyakarta: Yayasan Pustaka Nusantara, 163 p.
- Ekawati, A. W.; Rustidja; Marsoedi & Maheno, 1995. Studi Tentang Pertumbuhan Udang Windu (*Penaeus monodon* Fab.) Pada Tambak Tradisional Plus di Sidoharjo Jawa Timur. In: *Buletin Ilmiah Perikanan Edisi V*, Malang: Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya Malang.
- Fast, A. W. & Lester, L. J., 1992. *Marine Shrimp Culture: Principles and Practices Development in Aquaculture and Fisheries Sciences*. Fast, A. W. & Lester, L. J. (eds.), Volume 23 ed., Amsterdam: Elsevier, 862 p., ISBN: 9781483291048.
- Fauziah, F. & Hatta, M., 2015. Pengaruh pemberian kascing (bekas cacing) dengan dosis yang berbeda dalam kultur *Skeletonema costatum*. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, 2(1), ISSN: 2406-9825, DOI: 10.29103/AA.V2I1.346.
- Fogg, G. E.; Nalewajko, C. & Watt, W. D., 1965. Extracellular Products of Phytoplankton Photosynthesis. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 162(989): 517–534, ISSN: 0962-8452, DOI: 10.1098/rspb.1965.0054.
- Gjedrem, T. & Baranski, M., 2009. *Selective Breeding in Aquaculture: An Introduction*. Nielsen, J. L. (ed.), vol. 10, cod. Springer, Springer Inc., 217 p., ISBN: 978-90-481-2773-3.
- Gusrina, 2008. *Budidaya Ikan untuk SMK*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Departemen Pendidikan Nasional, 499 p.
- Hadie, W. & Supriatna, J., 1988. *Pengembangan Udang Galah Balam Hatchery dan Budidaya*. Yogyakarta: Kanisius, 100 p.
- Hendradjat, E. A. & Mangampa, M., 2016. Pertumbuhan dan sintasan udang vannamei pola tradisional plus dengan kepadatan berbeda. *Jurnal Riset Akuakultur*, 2(2): 149–156, DOI: 10.15578/JRA.2.2.2007.149-156.
- Howarth, R. W.; Marino, R. & Cole, J. J., 1988. Nitrogen fixation in freshwater, estuarine, and marine ecosystems. 2. Biogeochemical control. *Limnol. Oceanogr.*, 33(4, part 2): 688–701, ISSN: 00243590, DOI: 10.4319/lo.1988.33.4_part_2.0688.
- Hu, H.; Shi, Y.; Cong, W. & Cai, Z., 2003. Growth and photosynthesis limitation of marine red tide alga *Skeletonema costatum* by low concentrations of Zn²⁺. *Biotechnology Letters*, 25(22): 1881–1885, ISSN: 01415492, DOI: 10.1023/B:BILE.0000003976.18970.cd.
- Huang, X.-G. G.; Li, H.; Huang, B. qin & Liu, F.-J. J., 2015. Influence of dissolved organic nitrogen on Ni bioavailability in *Prorocentrum donghaiense* and *Skeletonema costatum*. *Marine Pollution Bulletin*, 96(1–2): 368–373, ISSN: 18793363, DOI: 10.1016/j.marpolbul.2015.04.046.
- Huang, X.-G. G.; Lin, X.-C. C.; Li, S. xing; Xu, S.-L. L. & Liu, F.-J. J., 2016. The influence of urea and nitrate nutrients on the bioavailability and toxicity of nickel to *Prorocentrum donghaiense* (Dinophyta) and *Skeletonema costatum* (Bacillariophyta). *Aquatic Toxicology*, 181: 22–28, ISSN: 18791514, DOI: 10.1016/j.aquatox.2016.10.027.
- Isnansetyo, A. & Kurniastuty, E., 1995. *Teknik kultur Phytoplankton dan Zooplankton. Pakan Alami untuk Pembenihan Organisme Laut*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Junda, M.; Kurnia, N.; Mis'am, Y. & Mis'am, Y., 2015. Pengaruh pemberian *Skeletonema costatum* dengan kepadatan berbeda terhadap sintasan *Artemia salina*. *Jurnal Bionature*, 16(1): 21–27, ISSN: 1411-4720.
- Kaswadji, R. F.; Widjaja, F. & Wardiatno, Y., 1993. Phytoplankton Primary Productivity and Growth Rate in the Coastal Waters of Bekasi Regency. *Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*, 1(2): 1–15.
- Kooistra, W. H. C. F.; Sarno, D.; Balzano, S.; Gu, H.; Andersen, R. A. & Zingone, A., 2008. Global Diversity and Biogeography of *Skeletonema* Species (Bacillariophyta). *Protist*, 159(2): 177–193, ISSN: 16180941, DOI: 10.1016/j.protis.2007.09.004.
- Levings, C. D.; Barry, K. L.; Grout, J. A.; Piercey, G. E.; Marsden, A. D.; Coombs, A. P. & Mossop, B., 2004. Effects of acid mine drainage on the estuarine food web, Britannia Beach, Howe Sound, British Columbia, Canada. *Hydrobiologia*, 525(1–3): 185–202, ISSN: 00188158, DOI: 10.1023/B:HYDR.0000038866.20304.3d.
- Mahida, 1993. *Pedoman Teknis Budidaya Pakan Alami Ikan dan Udang*. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan.
- Martosudarmo, B. & Wulani, I., 1990. *Petunjuk Pemeliharaan Kultur Murni Dan Massal Mikroalga. Proyek Pengembangan Budidaya Udang*. Jakarta, 33 p.
- Mudhakhroh, S. & Soeprbowati, T. R., 2012. Perbandingan Penghitungan Populasi *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve Dengan Metode Hemocytometer Dan SRCC. .
- Mudjiman, A., 2009. *Makanan Ikan*. Edisi Revi ed., Jakarta: Penebar Swadaya, 192 p.
- Panggabean, L. M. G., 2006. Toksin alam dari mikroalga. *Oseana*, 31(3): 1–12.
- Pérez, L.; Salgueiro, J. L.; González, J.; Parralejo, A. I.; Maceiras, R. & Cancela, Á., 2017. Scaled up from indoor to outdoor cultures of *Chaetoceros gracilis* and *Skeletonema costatum* microalgae for biomass and oil production. *Biochemical Engineering Journal*, 127: 180–187, ISSN: 1873295X, DOI: 10.1016/j.bej.2017.08.016.
- Perry, R., 2003. *A Guide to the Marine Plankton of southern California 3rd Edition*. cod. UCLA- Marine Science Center- OceanGLOBE, 1-23 p.
- Pirzana, A. M. & Pong-Masak, P. R., 2008. Relationship between phytoplankton diversity and water quality of Bauluang Island in Takalar Regency, South Sulawesi. *Biodiversitas, Journal of Biological Diversity*, 9(3): 217–221, Surakarta, ISSN: 1412033X, DOI: 10.13057/biodiv/d090314.
- Purba, C. Y., 2012. Performa pertumbuhan, kelulushidupan, dan kandungan nutrisi larva udang vanamei (*Litopenaeus vannamei*) melalui pemberian pakan artemia produk lokal yang diperkaya dengan sel diatom. *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 1(1): 102–115.
- Reynolds, C., 2006. *Ecology of Phytoplankton*. vol. 1, cod. The effects of brief mindfulness intervention on acute pain experience: An examination of individual difference, 525 p., ISBN: 9788578110796.
- Rico-Mora, R.; Voltolina, D. & Villaescusa-Celaya, J. A., 1998. Biological control of *Vibrio alginolyticus* in *Skeletonema costatum* (Bacillariophyceae) cultures. *Aquacultural Engineering*, 19(1): 1–6, ISSN: 01448609, DOI: 10.1016/S0144-8609(98)00035-1.
- Rochmady, 2011. *Aspek Bioekologi Kerang Lumpur Anodontia edentula (Linnaeus, 1758) (BIVALVIA: LUCINIDAE) Di Perairan Pesisir Kabupaten Muna*. Hasanuddin University, 183 p.
- Rochmady, R., 2015. Analisis parameter oseanografi melalui pendekatan sistem informasi manajemen berbasis web (Sebaran suhu permukaan laut, klorofil-a dan tinggi permukaan laut). *AGRIKAN Jurnal Ilmiah Agribisnis dan Perikanan*, 8(1): 1–7, ISSN: 1979-6072.
- Rochmady, R.; Omar, S. B. A. & Tandipayuk, L. S., 2016. Density of mudclams *Anodontia edentula* Linnaeus, 1758 relation to environmental parameters of Muna Regency. In: *Prosiding Simposium Nasional Kelautan dan Perikanan III*, vol. 3, pp. 149–159, DOI: <https://dx.doi.org/10.17605/OSF.IO/UBX9G>.
- Rosmarkam, A. & Yuwono, N. W., 2002. *Ilmu Kesuburan Tanah*. Yogyakarta: Kanisius.
- Rudiyanti, S., 2011. Pertumbuhan *Skeletonema costatum* pada Berbagai Tingkat Salinitas Media. *Jurnal Saintek Perikanan*, 6(2): 69–76.
- Salim, A., 2009. *Pembenihan Udang Windu Dan Produksi Pakan Alami Di Balai Budidaya Air Payau (BBAP) Ujung Batee Kabupaten Aceh Besar NAD*. Jember: POLITEKNIK Negeri Jember, <na> p.
- Sathish Kumar, T.; Vidya, R.; Kumar, S.; Alavandi, S. V. V. & Vijayan, K. K. K., 2017. Zoea-2 syndrome of *Penaeus vannamei* in shrimp hatcheries. *Aquaculture*, 479: 759–767, ISSN: 00448486, DOI: 10.1016/j.aquaculture.2017.07.022.
- Sen, N.; Chowdhuri, N. & Fogg, G. E., 1966. Effects of Glycollate on the Growth of a Planktonic Chlorella. *Journal of Experimental Botany*, 17(2): 417–425, ISSN: 0022-0957, DOI: 10.1093/jxb/17.2.417.
- Setyaningsih, I.; Panggabean, L. M.; Riyanto, B. & Nugraheny, N., 2006.

- Potensi antibakteri diatom laut *Skeletonema costatum* terhadap bakteri *Vibrio* sp. *Buletin Teknologi Hasil Perikanan*, 9(1): 61–71.
- Sikorski, Z.; Kolakowska, A. & Pan, B. S., 1990. Nutritive Composition of the Major Groups of Marine Food Organisms. In: *Seafood: Resources, Nutritional Composition and Pr servation*, CRC Press Inc., pp. 30–52.
- Spilling, K.; Yl stalo, P.; Simis, S. & Sepp l , J., 2015. Interaction Effects of Light, Temperature and Nutrient Limitations (N, P and Si) on Growth, Stoichiometry and Photosynthetic Parameters of the Cold-Water Diatom *Chaetoceros wighamii*. *PLoS ONE*, 10(5): 1–18, ISSN: 1932-6203, DOI: 10.1371/journal.pone.0126308.
- Stafford, C., 1999. *A Guide To Phytoplankton of Aquaculture Ponds; Collection, Analysis and Identification*. Brisbane: The State of Queensland, Department of Primary Industries, 1-65 p., ISBN: 0 7345 0029 7.
- Subarijanti, H., 1990. *Kesuburan dan Pemupukan Perairan*. Malang: Universitas Brawijaya Fakultas Perikanan.
- Sudaryono, A., 2006. Kajian kontribusi pakan alami dan buatan serta variasi musim pada performansi pertumbuhan juvenil udang *Penaeus monodon* yang dipelihara dalam tambak air payau. *Aquacultura Indonesiana*, 7(2): 85–91.
- Sumeru, S. U. & Anna, S., 1992. *Pakan Udang Windu (Penaeus monodon)*. Yogyakarta: Kanisius, 88 p., ISBN: 9794137944.
- Susiana, 2015. Analisis kualitas air ekosistem mangrove di estuari Perancak, Bali. *AGRIKAN Jurnal Ilmiah Agribisnis dan Perikanan*, 8(1): 1–10.
- Susiana, S., 2011. *Diversitas Dan Kerapatan Mangrove, Gastropoda Dan Bivalvia Di Estuari Perancak, Bali*. cod. Skripsi, Universitas Hasanuddin, 114 p., ISBN: 9788578110796.
- Sutejo, M. M., 1987. *Pupuk dan Cara Pemupukan*. Jakarta: PT RINEKA CIPTA.
- Syakirin, M. B., 2015. Pengaruh perbedaan tingkat dosis pupuk organik cair “bio sugih” dalam media kultur terhadap pertumbuhan populasi *Skeletonema costatum* Greville. *Pena Akuatika : Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 1(1).
- Sylvester, B. D.; Nelvy, D. & Sudjiharno, 2002. *Seri Budidaya Laut No. 9. Budidaya Fitoplankton dan Zooplankton*. Jakarta, 24-36 p.
- Tacon, A. G. J., . 1987. *The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp; a training manual. 2. Nutrient sources and composition.* .
- Tahe, S. & Suwoyo, H. S., 2011. Pertumbuhan dan sintasan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dengan kombinasi pakan berbeda dalam wadah terkontrol. *Jurnal Riset Akuakultur*, 6(1): 31, DOI: 10.15578/jra.6.1.2011.31-40.
- Tambaru, R.; Adiwilaga, E. M.; Muchsin, I. & Damar, A., 2011. Penentuan Parameter Paling Dominan Berpengaruh Terhadap Pertumbuhan Populasi Fitoplankton Pada Musim Kemarau Di Perairan Pesisir Maros Sulawesi Selatan. *Simposium Nasional HAPPI; Pengelolaan Pesisir, Laut dan Pulau-Pulau Kecil*, : 978–979.
- Taw, N., 1990. *Petunjuk pemeliharaan kultur murni dan massal mikroalga. Proyek Pengembangan Udang, United nations development Programme*. Rome: Food and Agriculture Organizations of the United Nations.
- Triswanto, Y., 2011. *Kultivasi diatom penghasil biofuel jenis Skeletonema costatum, Thalassiosira sp., dan Chaetoceros gracilis pada sistem indoor dan outdoor*. Institut Pertanian Bogor, 96 p.
- UCLA, . 1999. *Supplemental Guide To Planktonic Protozoa; Nanoplankton and Microplankton size : Ciliates Flagellates Radiolarians*. pp. 1–28.
- Widasari, F. N.; Wulandari, S. Y. & Supriyanti, E., 2013. Pengaruh Pemberian Tetraselmis chuii Dan Skeletonema Costatum Terhadap Kandungan Epa Dan Dha Pada Tingkat Kematangan Gonad Kerang Totok Polymesoda erosa. *Journal of Marine Research*, 2(1): 15–24, ISSN: 977-2407769.
- Williams, P. J. L. B.; Thomas, D. N. & Reynolds, C. S., 2011. *Phytoplankton productivity Carbon Assimilation in Marine and Freshwater Ecosystems*. vol. 32, cod. Huan jing ke xue= Huanjing kexue / [bian ji, Zhongguo ke xue yuan huan jing ke xue wei yuan hui “Huan jing ke xue” bian ji wei yuan hui.], 386 p., ISBN: 0632057114.
- Winanto, T., 2004. *Petunjuk Kualitas Air Phytoplankton*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Wirosaputro, S., 1998. *Chlorella: Makanan Kesehatan Global*. Buku I ed., Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Wu, H. H.; Gao, K. & Wu, H. H., 2009. Responses of a marine red tide alga *Skeletonema costatum* (Bacillariophyceae) to long-term UV radiation exposures. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 94(2): 82–86, ISSN: 10111344, DOI: 10.1016/j.jphotobiol.2008.10.005.
- Wu, R. S. S.; Wo, K. T. & Chiu, J. M. Y., 2012. Effects of hypoxia on growth of the diatom *Skeletonema costatum*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 420–421: 65–68, ISSN: 00220981, DOI: 10.1016/j.jembe.2012.04.003.
- Yang, Y.; Hu, X.; Zhang, J. & Gong, Y., 2013. Community level physiological study of algicidal bacteria in the phycospheres of *Skeletonema costatum* and *Scrippsella trochoidea*. *Harmful Algae*, 28: 88–96, ISSN: 15689883, DOI: 10.1016/j.hal.2013.05.015.
- Zulkifli & Efriyeldi, 2003. Kandungan zat hara dalam air poros dan air permukaan Padang Lamun Bintan Timur Riau. *Jurnal Natur Indonesia*, 5(2): 139–144, ISSN: 1410-9379.

Fitriani, Program Studi Budidaya Perairan, Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Wuna Raha, Jl. Letjend Gatot Subroto Km.7 Lasalepa, Muna, Sulawesi Tenggara 93600, Indonesia

Fendi, Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Wuna Raha, Jl. Letjend Gatot Subroto Km.7 Lasalepa, Muna, Sulawesi Tenggara 93600, Indonesia, Email: fendi@stipwunarahasiswa.ac.id

URL Google Scholar: <https://scholar.google.co.id/citations?hl=id&authuser=1&user=HfXFCBMAAAA>

URL Sinta Dikti: <http://sinta2.ristekdikti.go.id/authors/detail?id=5972812&view=overview>

Rochmady, Pusat Studi Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil, Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Wun Raha, Jl. Letjed Gatot Subroto Km.7 Lasalepa, Muna, Sulawesi Tenggara, Indonesia, Email: rochmady@stipwunarahasiswa.ac.id

URL ID-ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5152-9727>

research-ID: <http://www.researcherid.com/rid/S-9066-2016>

URL Google Scholar: <https://scholar.google.co.id/citations?hl=id&user=I3FldxwAAAA>

URL Sinta Dikti: <http://sinta2.ristekdikti.go.id/authors/detail?id=5972816&view=overview>

How to cite this article:

Fitriani, Fendi, Rochmady. 2017. Pengaruh pemberian pupuk anorganik (NPK+Silikat) dengan dosis berbeda terhadap kepadatan *Skeletonema costatum* pada pembenihan udang windu. *Akuatikisle: Jurnal Akuakultur, Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil*, 1(1): 11-18. <https://dx.doi.org/10.29239/j.akuatikisle.1.1.11-18>