

Potensi Kandungan Nutrisi Polychaeta *Nereis* sp. dengan Pemberian Pakan yang Berbeda

Eko Setio Wibowo^{1*}, Endah Sri Palupi², Atang¹, Eko Setiyono¹, Sugiharto¹, Hana³

¹Program Studi Budi Daya Ikan, Fakultas Biologi, Universitas Jenderal Soedirman

²Program Studi Biologi, Fakultas Biologi, Universitas Jenderal Soedirman

³Program Studi Biologi Terapan, Fakultas Biologi, Universitas Jenderal Soedirman

Jl. DR. Soeparno No.63, Karang Bawang, Grendeng, Banyumas, Jawa Tengah 53122 Indonesia

Email: tio_eko@yahoo.co.id

Abstrak

Polychaeta Nereis sp. memiliki kandungan nutrisi esensial yang dapat mempercepat pematangan sel gamet udang sampai 70%. Upaya budidaya *Nereis* sp. mulai dikembangkan, tetapi informasi mengenai formulasi pakan yang optimal untuk menghasilkan kualitas nutrisi standar pematangan gonad masih sangat terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan nutrisi *Nereis* sp. dari wilayah pertambakan Jeruklegi cilacap dengan pemberian jenis pakan berbeda. Penelitian dengan menggunakan *Nereis* sp. *immature* yang dipelihara pada salinitas 15 ppt dengan tiga jenis pakan berbeda (pakan D0: pakan berprotein hewani dengan protein 34,17%, pakan tepung *Spirulina* sp: pakan berprotein nabati dengan protein 59,57%. dan pakan ikan hias tetra bits: pakan berprotein nabati dan hewani dengan protein 39,35%). Penelitian dilakukan secara eksperimental selama 2 bulan pemeliharaan dengan metode rancangan acak lengkap (RAL) dengan 6 ulangan. Hasil penelitian menunjukkan Kandungsn nutrisi (protein, lemak dan kabohidrat/BETN) *Nereis* sp. dipengaruhi oleh jenis pakan yang diberikan ($P<0.05$). Pakan Tetra Bits menghasilkan kandungan protein tubuh tertinggi, sedangkan kandungan lemak dan karbohidrat tertinggi terdapat pada pemberian pakan D0. Komposisi asam amino semua perlakuan relatif sama terdiri dari 10 jenis asam amino esensial dan 8 asam amino non esensial. Komposisi asam lemak secara keseluruhan terdiri dari 11 asam lemak jenuh (SAFA), 2 asam lemak tidak jenuh tunggal (MUFA) dan 7 Jenis asam lemak tidak jenuh ganda (PUFA). Komposisi protein, lemak, asam amino dan asam lemak dari semua perlakuan sesuai untuk memenuhi kebutuhan pakan induk udang.

Kata kunci: asam amino, asam lemak, *Nereis* sp, pakan, dan Protein

Abstract

Nutritional Potential of Polychaeta Nereis sp. with Different Feed

The polychaete *Nereis* sp. contains essential nutrients that can accelerate the maturation of shrimp gamete cells by up to 70%. Efforts to cultivate *Nereis* sp. are underway, but information on optimal feed formulations to achieve standard nutritional quality for gonad maturation is still very limited. This study aimed to determine the nutritional content of *Nereis* sp. from the Jeruklegi Cilacap aquaculture area using different feed types. Research using *Nereis* sp. *immature* reared at a salinity of 15 ppt with three additional feed (D0 feed: animal protein feed with 34.17% protein, *Spirulina* sp. flour feed: vegetable protein feed 59.57% protein, and ornamental fish feed tetra bits: vegetable and animal protein feed with 39.35% protein). This research was conducted experimentally with a completely randomized design method (CRD) with six replications. The results of the study showed that the nutritional content (protein, fat and carbohydrate/BETN) of *Nereis* sp. was influenced by the type of feed given ($P<0.05$). Tetra Bits feed produced the highest body protein content, while the highest fat and carbohydrate content was found in D0 feed. The amino acid composition of all treatments was relatively the same consisting of 10 types of essential amino acids and 8 non-essential amino acids. The overall fatty acid composition consists of 11 saturated fatty acids (SAFA), 2 monounsaturated fatty acids (MUFA) and 7 types of polyunsaturated fatty acids (PUFA). The composition of protein, fat, amino acids and fatty acids from all treatments is appropriate to meet the needs of shrimp broodstock feed.

Keywords: amino acids, fatty acids, feed, *Nereis* sp. and Protein.

*Corresponding author

DOI:10.14710/buloma.v15i3.65571

<http://ejournal.undip.ac.id/index.php/buloma>

Diterima/Received : 30-03-2025

Disetujui/Accepted : 13-07-2026

PENDAHULUAN

Usaha budidaya udang di Indonesia berkembang sangat pesat, dimana permintaan ekspor dari tahun-ketahun semakin meningkat. Perkembangan usaha ini mendorong meningkatnya kebutuhan pakan yang dapat mendukung produksi secara maksimal. Salah satu pakan tersebut adalah Polychaeta *Nereis* Sp. yang merupakan pakan alami yang dapat meningkatkan produksi telur. Nilai gizi polychaetes berhubungan dengan kandungan PUFA yang tinggi (Shucksmith *et al.* 2006) yang merupakan unsur penting untuk mentransfer asam lemak esensial ke ikan dan crustacea dalam akuakultur (Bischoff *et al.* 2009, Palmer *et al.* 2014). Nutrisi dari polychaetes memberikan asupan makanan yang dapat meningkatkan kinerja reproduksi pada induk (Cardinaletti *et al.* 2009). Menurut Costa *et al.* (2006) jenis Polychaeta yang dapat dimanfaatkan sebagai pakan induk udang termasuk dalam family Arenicolidae, Glyceridae, Nereididae, Nephthyidae dan Eunicidae. Familia Nereidae seperti *Nereis*, *Dendronereis*, *Namalycastis*, *Perinereis* merupakan pakan alami yang mampu memacu pematangan sel gamet udang sampai 70% (Yuwono, 2003).

Pemenuhan kebutuhan Polychaeta *Nereis* sp. sebagai pakan saat ini diperoleh melalui penangkapan dari populasi di alam, sehingga dapat mengancam populasi serta dapat mengakibatkan dampak kerusakan habitatnya secara keseluruhan. Menurut Palmer (2011) pengambilan polychaetes liar secara intensif sebagai pakan akuakultur dan sebagai umpan memancing telah menyebabkan tekanan pada stok alam dan habitat, sedangkan budidaya polychaete tampaknya menjadi cara terbaik untuk memenuhi permintaan yang meningkat dari Polychaeta. Kondisi ini menuntut adanya usaha budidaya Polychaeta *Nereis* sp., namun pengetahuan tentang aspek biologi dan pakan yang tepat bagi *Nereis* sp. di Indonesia untuk menghasilkan nutrisi yang sesuai untuk induk udang masih sangat terbatas, sehingga masyarakat belum membudidayakan *Nereis* sp. sebagai pakan alami dalam mendukung usaha budidaya udang.

Kandungan nutrisi polychaeta sudah pernah diteliti, misalnya *Nereis* sp. (cacing lur) dari daerah pertambakan Randusanga dan Pengaradan, Kabupaten Brebes Jawa Tengah mengandung protein 56%, lemak 28,83% (Rachmad dan Yuwono, 2000). Dorgham *et al.* (2015), melaporkan kandungan protein dan lemak tubuh

Nereid Perineris cultrifera dipantai Mediterania Mesir dipengaruhi oleh musim, protein tertinggi pada musim dingin (59,9%) dan sedikit lebih rendah di musim lain (musim semi: 55,1%, musim panas: 55,6%, musim gugur: 57,3%). Total lipid *Nereid Perineris cultrifera* bervariasi sesuai musim berkisar antara 11,6-13,4%, nilai terendah di musim dingin dan tertinggi di musim panas. Polycheta *Nereis* sp. dari kawasan pertambakan desa Jeruklegi kabupaten Cilacap memiliki kandungan protein 42,06 - 51,68 %, lemak 12,93 – 22 % (Wibowo *et al.*, 2020a). Kandungan nutrisi polychaeta, khususnya *Nereis* sp, dipengaruhi oleh lokasi dan musim. Secara umum memiliki kandungan protein berada dalam kisaran 42,06% hingga 59,9%, sedangkan kandungan lemak berkisar antara 11,6% hingga 28,83%.

Ketersediaan protein pakan sangat mempengaruhi pertumbuhan cacing laut, karena protein berperan sebagai sumber energi bagi cacing laut dan sangat dibutuhkan cacing laut untuk pertumbuhan (Mustofa, 2012). Menurut Wibowo *et al.* (2019a) *Nereis* sp. dari pertambakan Jeruklegi Cilacap menunjukkan pertumbuhan yang lebih optimal saat dipelihara pada salinitas 15 ppt dan diberi pakan berprotein hewani dari pada pakan dengan kandungan utama berprotein nabati. Menurut Herawati *et al.* (2020), *Nereis* sp. dengan pakan 100% tepung maggot memiliki pertumbuhan dan kualitas nutrisi tertinggi dibanding campuran dengan kelapa parut. Pemberian pakan shrimp meat menghasilkan laju pertumbuhan maksimum lebih tinggi daripada pakan alga pada *Nereis diversicolor* (Am *et al.*, 1995). Banyak penelitian menjelaskan terkait kandungan nutrisi polychaeta sebagai pakan, tetapi studi terkait kebutuhan pakan untuk budidaya polychaeta masih terbatas (Wang *et al.*, 2025; Pombo *et al.*, 2018).

Hasil-hasil penelitian ini belum memberikan informasi tentang pengaruh jenis pakan yang berbeda terhadap kandungan nutrisi tubuh pada polychaeta *Nereis* sp. dari Indonesia, khususnya dari Jeruklegi Cilacap, untuk menghasilkan kandungan komposisi nutrisi polychaeta yang sesuai untuk memenuhi kebutuhan nutrisi pematangan gonad induk udang. Menurut Harpaz *et al.* (1987), kandungan metionin, fenilalanin dan lisin yang tinggi dapat berperan sebagai kemoatraktan bagi udang. Menurut Limsuwatthanathamrong *et al.* (2012), asam lemak merupakan nutrisi yang berperan dalam proses pematangan gonad. Menurut Mozanzadeh *et al.* (2024), Pakan dengan protein tinggi diperlukan

untuk pematangan gonad induk penenid. Kandungan asam amino esensial pada pakan udang juga mendukung sintesis yolk protein, hormon, dan enzim reproduksi.

Berdasarkan kondisi tersebut maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait jenis pakan yang tepat untuk menghasilkan kandungan nutrisi dengan komposisi yang lengkap dan sesuai untuk memenuhi kebutuhan induk udang dalam proses pematangan gonad. Penelitian ini juga diharapkan mampu meningkatkan khasanah ilmu pengetahuan serta sebagai dasar pengembangan usaha budidaya Polychaeta *Nereis* sp. yang berkelanjutan dalam rangka menunjang pemenuhan pakan alami yang sesuai bagi induk udang guna mendukung usaha budidaya udang yang berkelanjutan dan untuk mengurangi tekanan pada alam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan nutrisi *Nereis* sp. dari wilayah pertambakan Jeruklegi cilacap dengan pemberian jenis pakan berbeda.

MATERI DAN METODE

Cacing *Nereis* sp. immature yang diperoleh dari kawasan pertambakan Jeruklegi Cilacap, substrat tambak Jeruklegi Cilacap, air laut, air tawar, pakan D0: pakan berprotein hewani dengan protein 31,74%, tepung *Spirulina* sp: pakan nabati dengan protein 59,57%. dan pakan ikan hias tetra bits: pakan berprotein nabati dan hewani dengan protein 39,35%. Komposisi nutrisi pakan secara lengkap tersaji pada Tabel 1. Penelitian dilaksanakan di Stasiun Percobaan Fakultas Biologi Unsoed Purwokerto.

Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan metode rancangan acak kelompok (RAL) dengan perlakuan: PD0 = Pemeliharaan cacing *Nereis* sp. immature dengan pakan dengan D0; PSP= Pemeliharaan cacing *Nereis* sp. immature dengan pakan tepung *Spirulina* sp.; PTB = Pemeliharaan cacing *Nereis* sp. immature dengan pakan ikan hias tetra bits.

Pelaksanaan penelitian dimulai dengan persiapan media kultur menggunakan substrat dari kawasan pertambakan Jeruklegi, Cilacap, yang dijemur selama 2 x 24 jam. Substrat lumpur setebal 5 cm tersebut kemudian dimasukkan ke dalam wadah percobaan berukuran 20 x 30 cm, diisi dengan air bersalinitas 15 ppt hingga ketinggian 15 cm, diberi aerasi, dan dibiarkan selama satu minggu. Selanjutnya, cacing uji *Nereis* sp. yang didapatkan dari lokasi yang sama dipilih khusus pada fase immature, yaitu saat cacing berwarna merah kecoklatan dan morfologi jantan serta betinanya belum dapat dibedakan. Setelah melalui proses aklimatisasi selama dua minggu, cacing ditimbang bobot awalnya, dipisahkan berdasarkan rentang bobot, dan dimasukkan sebanyak 10 ekor ke dalam masing-masing wadah. Selama masa pemeliharaan yang berlangsung selama dua bulan, cacing uji diberikan pakan sesuai perlakuan masing-masing sebanyak 2% dari berat tubuhnya dengan frekuensi pemberian satu minggu sekali.

Pengukuran kandungan nutrisi dilakukan diakhir penelitian setelah 2 bulan pemeliharaan. Sampel cacing dipanen dan dibersihkan, selanjutnya dikeringkan dengan oven pada temperatur 60 °C. Pengamatan parameter kandungan kimia tubuh kasar (proksimat, yang meliputi protein, lemak dan BETN) dilakukan di laboratorium Pakan dan Nutrisi Fakultas Peternakan Universitas Jenderal Soedirman, berdasarkan Sudarmadji *et al.*, (1998). Pengukuran parameter asam lemak dan asam amino dilakukan di LPPT UGM pada awal pemaparan dan akhir penelitian. Pengukuran kandungan asam lemak dilakukan dengan metode *Gas Liquid Chromatography* (GLC) berdasarkan McNair dan Bonelli (1988). Berdasarkan kromatogram yang diperoleh, kemudian dilakukan pencocokan waktu retensi yang sama atau mendekati waktu retensi standar asam lemak. Kadar asam lemak dihitung dengan rumus menurut McNair dan Bonelli (1988).

Tabel 1. Komposisi proksimat pakan

Pakan	% Air	% Berat Kering	% Bahan kering				
			Protein	Lemak	Serat	Abu	BETN
Pakan D0	7,91	92,09	31,74	9,69	6,28	7,91	44,38
Pakan Tetra bits	7,11	92,89	39,53	7,07	4,31	7,11	41,99
Pakan tepung <i>Spirulina</i> sp.	8,44	3,83	59,57	0,5	14,76	8,44	16,73

Pengukuran asam amino menggunakan metode Thermo Scientific Exactive Orbitrap LC-MS system menurut Miguez *et al.* (2012). Parameter sistem yang digunakan: ion source:ESI (*Electrospray Ionisation*), polaritas positif, *sheath gas flow rate 3, aux gas flow rate 0, swift gas flow rate 0, capillary temperature 25°C*; fase gerak: 0,1 % formic acid dalam H₂O (A) dan methanol (B); gradient fase gerak: 0-1 menit (25:27), 1-5 menit (bertahap sampai piasa 5:95), 5-7 menit (bertahap 25:75). Laju alir fase gerak 200 µl/l; kondisi kolom:conditioning selama 10 menit dengan larutan A:B pada komposisi 25:75.

Data parameter kandungan proksimat tubuh dianalisis statistik menggunakan uji Anova. Perlakuan berbeda signifikan jika $P < 0,05$. Apabila hasil analisis menunjukkan perbedaan yang signifikan maka analisis dilanjutkan dengan uji Tukey untuk beda nyata terkecil $P < 0,05$. Analisis dilakukan menggunakan software program MINITAB 16. Data komposisi asam lemak dan asam amino dianalisis secara diskriptif dibandingkan dengan komposisi nutrisi yang diperlukan induk udang dalam proses pematangan gonad.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Proksimat tubuh

Hasil Analisis proksimat tubuh *Nereis* sp. pada akhir penelitian diperoleh kandungan nutrisi berupa protein dari yang tertinggi sampai yang terendah pada perlakuan pakan Tetra blits, pakan tepung spirulina dan terendah dengan pakan D0, sedangkan kandungan lemak dari yang tertinggi pada perlakuan pakan D0, pakan tetra blits dan pakan tepung spirulina yang terendah. Data secara lengkap tertera pada Tabel 2.

Kandungan protein rata-rata dari semua perlakuan pakan berkisar antara 73,76-75, 10 % berat kering (% bk). Hasil ini lebih besar dari pada kandungan protein *Nereis* sp. dari alam di kawasan pertambakan desa Jeruklegi kabupaten Cilacap memiliki kandungan protein 42,06 - 51,68 % berat kering, (Wibowo *et al.*, 2020a). Dan juga masih lebih tinggi daripada *Nereis* sp yang diberi pakan berprotein utama hewani dan nabati dan dipelihara pada salinitas 5-25 ppt dengan kandungan protein 60,88-66, 53 % berat kering (Wibowo *et al.*, 2019b). Kandungan protein tubuh *Nereis* *Perineris cultrifera* dipantai Mediterania Mesir

pada setiap musim menunjukkan hasil yang berbeda, tertinggi pada musim dingin 59,9%; musim semi: 55,1%; musim panas: 55,6% dan musim gugur: 57,3% (Dorgham *et al.*, 2015). Nurhikma *et al.* (2017) juga menunjukkan bahwa rata-rata kandungan protein cacing *Siphonosoma australe-australe* dari perairan Toronipa Sulawesi Tenggara sebesar 56,35 %.

Hasil penelitian ini juga menunjukkan kandungan protein tubuh dari semua perlakuan pakan berkisar antara 73,76-75, 10 % berat kering (% bk) (Tabel 2) lebih tinggi jika dibandingkan dengan kandungan protein pakan yang diberikan (pakan D0 31,74%, tetra blits 39,53% dan pakan tepung spirulina 59,57%). Kandungan protein dan lemak tubuh sangat dipengaruhi oleh komposisi nutrisi pakan, hasil ini menunjukkan bahwa *Nereis* sp. mampu mengkonversi protein pakan yang diberikan menjadi protein tubuh (Wibowo *et al.* 2019b). Menurut Lovell (1989), protein pakan akan dikonversi dengan sangat efisien sebagai energi dan akan diserap serta dimanfaatkan untuk pembangunan dan perbaikan sel-sel tubuh yang rusak.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian pakan yang berbeda berpengaruh pada kandungan protein cacing *Nereis* sp. pada akhir pemeliharaan ($P < 0.05$) (Gambar 1). Kandungan protein tubuh tertinggi diperoleh pada *Nereis* sp. dengan pemberian pakan tetra blits (75,10%), berikutnya pakan tepung spirulina (74,68%), sedangkan kandungan protein terendah dengan pemberian pakan D0 (73,76%). Hasil ini menunjukkan bahwa pakan mempengaruhi konversi protein pakan menjadi protein tubuh. Fenomena ini diduga terjadi karena pakan tetra blits, merupakan pakan dengan kandungan protein 39,35% dan merupakan pakan dengan kandungan protein hewani dan nabati. Kondisi ini memungkinkan konversi pakan menjadi lebih efisien, karena kandungan proteinnya lebih lengkap walaupun kandungannya proteinnya lebih rendah dibandingkan dengan pakan tepung spirulina 59,57% yang merupakan pakan nabati dengan kandungan serat tertinggi 14,76%. Sedangkan pakan D0 memiliki kandungan protein terendah 34,17% sehingga konversi protein dalam tubuh juga relatif lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan pakan yang lain. Hasil ini sesuai Campbell *et al.*, (2004), yang menyatakan bahwa protein dalam produk hewani lebih lengkap kandungan asam amino esensialnya, dibandingkan dengan produk nabati yang defisien satu atau lebih

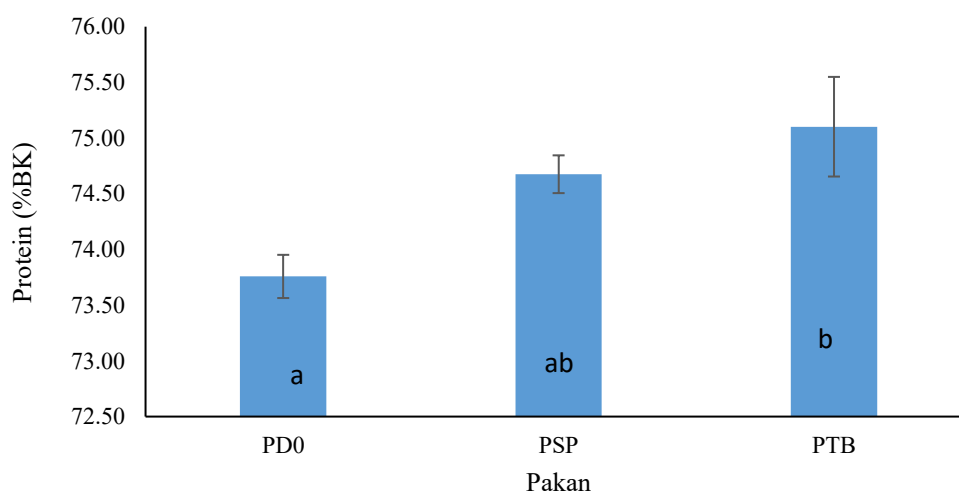
asam amino esensial, sehingga menghambat sintesis protein dan membatasi penggunaan asam amino lainnya yang akhirnya berpengaruh terhadap pertumbuhan. Selain itu kandungan serat yang tinggi pada pakan tepung spirulina juga diduga mempengaruhi konversi protein pakan menjadi protein tubuh, karena kandungan serat yang tinggi mengakibatkan kebutuhan energi untuk memetabolisme pakan menjadi lebih tinggi, sehingga konversi protein pakan menjadi protein tubuh juga kurang efisien. Menurut Hussain *et al.* (2024) dan Zhao *et al.* (2025), bahan pakan hewani atau campuran hewani nabati, memiliki pencernaan lebih tinggi, palatabilitas lebih baik dan profil asam amino lebih seimbang dibandingkan pakan nabati yang memiliki serat dan antinutrisi yang menurunkan bioavailabilitas nutrient. Tepung spirulina yang merupakan pakan nabati dengan serat tinggi diduga mengalami efisiensi konversi protein yang lebih rendah, karena Sebagian energi dari pakan digunakan untuk proses pencernaan

serat, sehingga protein pakan tidak seluruhnya menjadi protein tubuh (Kamarudin *et al.*, 2018; Zhao *et al.*, 2025). Menurut Buwono (2000), kandungan protein dalam pakan yang terlalu tinggi, hanya sebagian yang akan diserap (diretensi) dan digunakan untuk membentuk ataupun memperbaiki sel-sel tubuh yang rusak, sementara sisanya akan diubah menjadi energi.

Kandungan lemak rata-rata dari semua perlakuan berkisar antara 1,56% - 2,33% (Tabel 2). Hasil ini lebih rendah dari pada kandungan lemak pada *Nereis* sp. yang diperoleh langsung dari kawasan pertambakan desa Jeruklegi kabupaten Cilacap memiliki kandungan lemak 12,93 – 22 % (Wibowo *et al.*, 2020a). *Nereis* sp. dari randusanga Brebes yang di dapat Rachmad dan Yuwono (2000), dengan kandungan lemak 29,83%. Penelitian Dorgham *et al.* (2015), menunjukkan total lipid Nereid *Perineris cultrifera* dipantai Mediterania Mesir bervariasi sesuai musim berkisar antara 11,6-13,4%, nilai terendah

Tabel 2. Proksimat tubuh cacing *Nereis* sp. yang diberi pakan berbeda

Sampel	Air %	Berat Kering %	% Berat Kering				
			Protein	Lemak	Serat	Abu	BETN
<i>Nereis</i> sp. dengan pakan tepung D0	19,11	80,89	73,76	2,33	0,77	9,22	13,92
<i>Nereis</i> sp. dengan pakan tepung <i>Spirulina</i> sp.	15,13	84,87	74,68	1,56	2,28	11,51	9,97
<i>Nereis</i> sp. dengan pakan ikan hias Tetra bits	13,77	86,23	75,10	1,93	2,14	11,02	9,81



Gambar 1. Rata-rata kandungan protein ($\bar{x} \pm SD$) *Nereis* sp. yang diberi pakan berbeda
Keterangan: Huruf berbeda pada diagram batang menunjukkan beda nyata antar perlakuan ($P < 0.05$).

di musim dingin dan tertinggi di musim panas. Nurhikma *et al.* (2017) juga menunjukkan bahwa rata-rata kandungan lemak cacing *Siphonosoma australe-australe* dari perairan Toronipa Sulawesi Tenggara sebesar 9,82 %.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan lemak pada perlakuan pakan D0 (2,33%) berbeda dengan perlakuan pakan tepung spirulina (1,56%) ($P < 0,05$), sedangkan pakan tetra bits (1,93%) tidak berbeda dengan pakan D0 dan pakan tepung spirulina ($P > 0,05$) (gambar 2). Hasil ini juga menunjukkan kandungan lemak pada *Nereis* sp. dengan pakan D0 dan tetra bits lebih rendah dari kandungan lemak pakan yang diberikan (pakan D0 4,75% dan tetra bits 7,07%). Sedangkan perlakuan pakan tepung spirulina 1,56% menunjukkan kandungan lemak yang lebih tinggi dibandingkan kandungan lemak pakan yang diberikan (0,5%). Menurut Sukardi dan Yuwono (2010), kandungan lemak tubuh dipengaruhi oleh kandungan lemak pakan. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian Wang *et al.* (2019) pada *H. diversicolor* yang diberi pakan mikroalga menunjukkan kandungan lemak yang lebih rendah dibandingkan dengan yang diberi pakan dengan pakani ikan dan lumpur limbah pemeliharaan salmon.

Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa *Nereis* sp. mampu mengkonversi protein pakan menjadi protein tubuh dibandingkan dengan kemampuannya dalam mengkonversi lemak pakan menjadi lemak tubuh. Hasil ini sesuai dengan penelitian Wang *et al.* (2019) pada *H. diversicolor* yang mampu mentransfer pakan bernilai gizi rendah dari lumpur limbah pemeliharaan salmon menjadi protein tubuh yang tinggi tanpa mengakumulasi lemak yang berlebihan dalam tubuh.

Kandungan Karbohidrat (BETN) pada akhir eksperiment berkisar antara 9,97-13,92% (Tabel 2). Hasil ini lebih tinggi dari penelitian Wibowo *et al.* (2019b) pada jenis cacing yang sama dipelihara pada salinitas 5-25 ppt dengan diberi pakan berprotein hewani dan nabati memiliki kandungan karbohidrat 6,88-13,73%. Nurhikma *et al.* (2017) juga menunjukkan bahwa rata-rata kandungan karbohidrat cacing *Siphonosoma australe-australe* dari perairan Toronipa Sulawesi Tenggara sebesar 5,06 %. Dorgham *et al.* (2015), menunjukkan dengan kandungan karbohidrat *Perinereis cultrifera* dipantai Mediterania Mesir pada 4 musim yang berbeda, berkisar 8,3-14,8%.

Kandungan karbohidrat (BETN) *Nereis* sp. tubuh dipengaruhi oleh jenis pakan yang diberikan

($P < 0,05$) (Gambar 3). Hasil ini juga sesuai dengan penelitian Elayara *et al.* (2011), menunjukkan kandungan karbohidrat pada *Perinereis cultrifera* dengan suplementasi amilase pada pakan berkisar antara 10,2 - 19,6 g kg⁻¹. Hasil yang lebih besar didapatkan Wibowo *et al.* (2020b) pada *Dendronereis pinnaticirris* yang dibeluhara dengan jenis substrat dan pakan berbeda menunjukkan kandungan BETN berkisar antara 39,04-50,49% berat kering. Menurut Yuwono (2008), karbohidrat peranannya kecil pada ikan dan organisme air jika dibandingkan dengan organisme darat.

Komposisi Asam Amino

Hasil analisis kuantitatif komposisi asam amino *Nereis* sp. dan pakan yang diberikan menunjukkan ada 18 jenis asam amino. Secara umum persentase masing-masing jenis asam amino pada semua jenis pakan maupun semua perlakuan memiliki pola yang relatif sama. Persentase lima jenis asam amino secara berurutan dari yang tertinggi yaitu L-glutamic acid, L-licine, L-leucine, L-aspartic acid dan L-alanin, sedangkan yang terendah L-thrythopan. Secara lengkap data asam amino tersaji dalam Tabel 3.

Kandungan asam amino *Nereis* sp. ini menunjukkan hasil yang lebih lengkap dibandingkan dengan yang diperoleh Rahmat dan Yuwono (2000), pada cacing *Nereis* dari Randusanga Brebes, yang menunjukan 16 jenis asam amino (Tabel 4.)

Hasil ini menunjukan ada 10 jenis asam amino esensial dan 8 jenis asam amino non esensial, Hasil ini sesuai dengan hasil penelitian Dorgham *et al.* (2015) pada cacing *Perinereis cultrifera* dari pantai mediterania, yang mengandung 10 asam amino esensial dan 8 asam amino non esensial.

Lima asam amino esensial tertinggi pada semua perlakuan hampir sama, yaitu secara berturut-turut Lycine, leucine, phenylalanine, valine dan isoleucine, sedangkan yang terendah thrythopan. Hasil ini relatif sama dengan penelitian Dorgham *et al.* (2015) yang menunjukkan lima kandungan asam amino esensial tertinggi pada *Perinereis cultrifera* berupa leucine, lysine, methionine, hsitidine, dan valine, sedangkan yang terendah phenylalanine. Asam amino esensial leucine pada semua perlakuan menunjukkan peningkatan jika dibandingkan dengan awal perlakuan, hasil ini diduga dipengaruhi oleh keberadaan leusin yang tinggi dalam pakan, karena menurut (Volek, 2009), asam

amino leucine dapat merangsang sintesis protein. Hasil ini juga menunjukkan bahwa perlakuan pemberian ketiga jenis pakan dapat diaplikasikan dalam budidaya *Nereis* sp., karena mampu meningkatkan kandungan asam amino esensial

lisin jika dibandingkan dengan kondisi sebelum perlakuan. Menurut Hoeger dan Abe (2004), lisine dan threonine merupakan asam amino esensial yang berperan dalam fungsi reproduksi dan merupakan nutrisi bagi perkembangan gamet.

Tabel 3. Hasil analisis komposisi asam amino pakan dan *Nereis* sp.

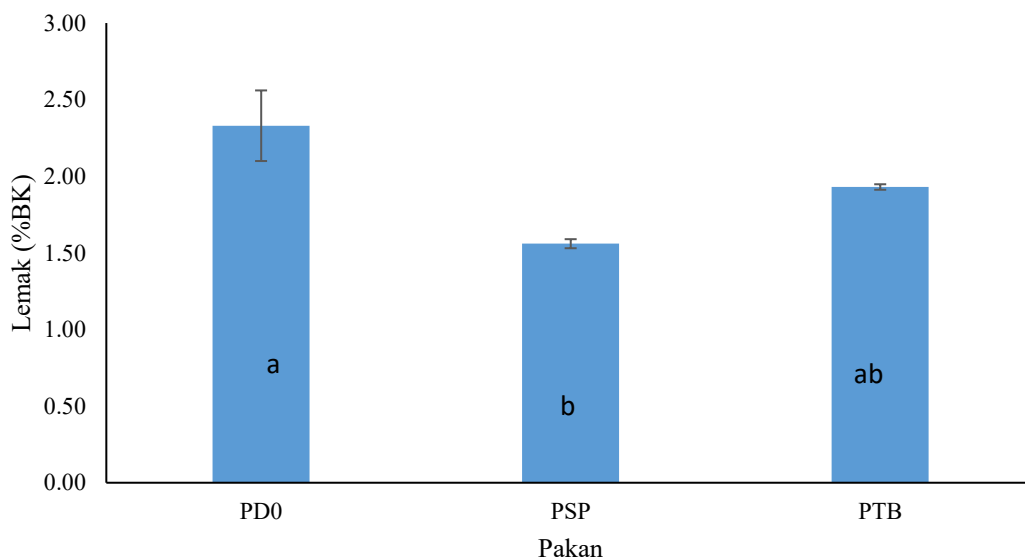
No	Senyawa	Pakan (%)			<i>Nereis</i> sp. (%)			
		D0	SP	TB	Awal	D0	SP	TB
Asam Amino Esensial								
1	L-Histidine	1,578	1,331	2,282	1,800	2,005	2,517	2,738
2	L-Lycine	3,347	3,941	5,797	4,956	5,314	6,336	6,567
3	L-Phenylalanine	2,556	3,378	3,326	3,231	3,148	3,717	3,852
4	L-Isoleucine	1,703	3,084	2,304	2,574	2,520	2,843	2,952
5	L-Leucine	3,709	5,297	4,891	4,838	4,932	4,960	5,599
6	L-Tyrosine	0,944	1,863	1,470	1,754	1,607	1,751	1,871
7	L-Methionine	0,613	0,413	1,035	1,248	1,187	1,156	1,285
8	L-Valine	2,079	3,406	2,583	2,674	2,593	2,981	3,118
9	L-Threonine	1,506	2,369	1,905	2,440	2,252	2,408	2,386
10	L-Thryptophan	0,022	0,019	0,013	0,014	0,017	0,020	0,022
Asam Non Amino Esensial								
1	L-Arginine	2,625	4,116	3,335	4,589	4,264	2,190	3,059
2	L-Proline	3,224	2,658	3,619	2,199	2,325	2,558	2,757
3	L-Glutamic acid	5,784	5,759	6,636	8,674	8,553	8,285	8,218
4	L-Aspartic acid	2,379	3,273	2,931	6,318	4,969	4,813	4,395
5	L-Cysteine	0,271	0,271	0,269	0,271	0,258	0,269	0,274
6	L-Serine	1,947	2,341	2,130	2,592	2,430	2,663	2,618
7	L-Alanine	2,261	3,832	2,911	3,697	3,624	3,648	3,784
8	L-Glycine	1,901	2,001	2,045	3,634	3,140	3,205	3,275

Tabel 4. Kandungan asam amino tepung *Nereis* (Rahmad dan Yuwono, 2000)

No	Asam Amino	<i>Nereis</i> sp. (%)
1	Asam aspartat	2
2	Threonine	1,04
3	Serine	0,82
4	Asam glutamat	2,19
5	Proline	1,09
6	Glycine	0,86
7	Alanine	2,61
8	Valine	2,05
9	Methionine	3,23
10	Isoleucine	0,9
11	Leucine	3,6
12	Thyrosine	3,4
13	Phenylalanine	5,24
14	Histidine	1,04
15	Lysine	7,71
16	Arginine	2,67

Tabel 5.. Kebutuhan Asam Amino Udang Vannamei (Sumber. Lovell, 1998)

No	Asam Amino	Kebutuhan (%)
1	Arginine	8,54
2	Histidine	1,86
3	Isoleucine	3,4
4	Leucine	6,28
5	Lysine	6,97
6	Methionine	2,48
7	Phenylalanine	3,39
8	Threonine	2,69
9	Tryptophan	1,27
10	Valine	3,38



Gambar 2. Rata-rata kandungan lemak ($\bar{x} \pm SD$) *Nereis* sp. yang diberi pakan berbeda
 Keterangan: Huruf berbeda pada diagram batang menunjukkan beda nyata antar perlakuan ($P < 0.05$).

Kandungan asam amino pada semua perlakuan (Tabel 3) dibandingkan dengan tingkat kebutuhan asam amino udang (Tabel 5) relatif sama, hal ini menunjukkan bahwa cacing *Nereis* sp. sesuai untuk pakan udang. Menurut Harpaz *et al.* (1987), kandungan metionin, fenilalanin dan lisin yang tinggi dapat berperan sebagai kemoatraktan bagi udang.

Asam amino non esensial yang diperoleh dari semua perlakuan pakan juga relatif sama, yaitu yang tertinggi glutamat, aspartat, arginin, alanin dan glisin, sedangkan yang paling rendah cystein. Secara umum asam amino non esensial ini

relatif sama dengan yang diperoleh Dorgham *et al.* (2015) pada *Perinereis cultrifera*. Asam amino esensial ini juga diperlukan oleh induk udang, menurut Hoeger dan Abe (2004); Kube *et al.* (2007), asam amino non esensial alanin, prolin dan glisin berperan dalam proses osmoregulasi invertebrata laut, termasuk udang.

Komposisi Asam Lemak

Hasil analisis komposisi asam lemak *Nereis* sp. dan pakan yang diberikan secara keseluruhan diperoleh 20 jenis asam lemak. *Nereis* sp. yang diberi pakan tetra blit mengandung jenis asam

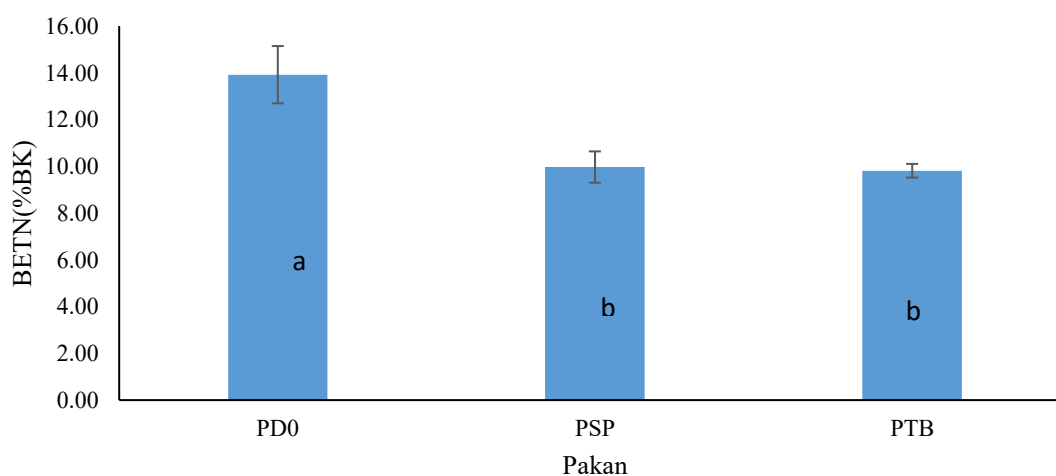
lemak paling banyak yaitu 17 jenis, kemudian yang diberi pakan D0 15 jenis, dan paling sedikit yang diberi pakan tepung spirulina 14 jenis asam lemak. Asam lemak ini secara keseluruhan terdiri dari 11 asam lemak jenuh (SAFA), 2 asam lemak tidak jenuh tunggal (MUFA) dan 7 jenis asam lemak tidak jenuh ganda (PUFA). Hasil komposisi asam lemak secara lengkap tersaji pada Tabel 6. Hasil ini tidak berbeda dengan Wibowo *et al.* (2020b), pada cacing *Dendronereis pinaticirris* yang dipelihara dengan substrat dan jenis pakan berbeda mengandung 9 SAFA, 3 MUFA dan 8 PUFA.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Nereis* sp. dengan pemberian pakan D0 mengandung 15 asam lemak, dengan pakan tepung spirulina mengandung 14 asam lemak dan dengan pakan tetra blits mengandung 17 asam lemak. Kandungan asam lemak ini terbagi menjadi SAFA, MUFA dan PUFA, secara lengkap tersaji dalam Tabel 7.

Kelompok asam lemak yang diperoleh dalam penelitian ini, relatif sama dengan penelitian Nurhikma *et al.* (2017) pada cacing *Siphonosoma australe-australe* dari perairan Toronipa Sulawesi Tenggara, yang mengandung SAFA, 5 MUFA dan 13 PUFA. Kandungan asam lemak baik SAFA, MUFA maupun PUFA dari semua perlakuan relatif sama, hal ini diduga karena kandungan asam lemak dari setiap jenis pakan juga relatif sama. Fenomena ini menurut Sukarsa (2004) disebabkan karena kelompok asam lemak SAFA merupakan komponen dasar dari sistem pembentukan lemak pada makhluk hidup. Sedangkan kandungan asam

lemak tidak jenuh yang tinggi dapat disebabkan karena asam lemak tersebut lebih mudah dimetabolisme dibandingkan dengan asam lemak jenuh.

Kandungan asam lemak masing-masing perlakuan relatif sama, yaitu SAFA: asam stearic, Cis 10-pentadecenoic acid methyl ester, Cis 10-heptadecanoate acid methyl ester, methyl arachidate, palmitic, methyl heneicosanoate; MUFA: methyl, methyl nervonate; PUFA: lenoleic, leneleate, lenolenat, (Cis-11,14-Eicosadienoic acid methyl ester, methyl docosanoate, methyl Cis-5,8,11,14-eicosatetraenoic dan asam docosaheptaenoic (DHA). Hasil ini hampir sama dengan penelitian Costa *et al.* (2000) pada *N. diversicolor* yang diberi pakan berbeda dalam semua perlakuannya mengandung asam lemak berupa C 16:0, C 18:1n-9, C 18:1n-7, C 18:2n-6 dan C 20:5n-3. Sejumlah kecil adalah C 16:1n-7, C 18:0, C 18:3n-3, C 20:2n-6 dan C 20:4n-6. Hasil ini juga sesuai dengan Komposisi asam lemak pada *Nereis* dari randusanga yang diperoleh Yuwono (2005) yang berupa asam miristat, asam palmitat, asam palmitoleat, asam stearat, asam oleat, asam linoleat, dan asam linolenat. Kandungan asam stearat yang tinggi juga sesuai dengan penelitian Dorgham *et al.* (2015) pada cacing *P. Cultrifera* dari laut mediterania. Demikian juga menurut Palmer *et al.* (2014), yang menyatakan bahwa asam palmitat dan stearat umum ditemukan pada banyak jenis Polychaeta.



Gambar 3. Rata-rata kandungan karbohidrat ($\bar{x} \pm SD$) *Nereis* sp. yang diberi pakan berbeda
Keterangan: Huruf berbeda pada diagram batang menunjukkan beda nyata antar perlakuan ($P < 0.05$).

Tabel 6. Hasil nalisis komposisi asam lemak pakan dan *Nereis* sp.

No	Senyawa	Pakan (%)			Awal	Nereis sp. (%)		
		D0	SP	TB		D0	SP	TB
SAFA (Asam Lemak Jenuh)								
1	M Butyrate	0,66	1,83					1,99
2	M Undecanoate				0,25			
3	M Tridecanoate	0,94	0,57	0,69	0,46			
4	M Tetradecanoate/Miristat							0,49
5	Cis 10-Pentadecenoic Acid Methyl Ester	18,83	22,19	25,52	27,85	24,33	21,87	18,49
6	M Palmitate	0,96	1,81	2,86	1,13	1,07	0,91	0,69
7	M Heptadecanoate			0,15				
8	Cis 10-Heptadecanoate Acid Methyl Ester	8,76	7,73	6,96	8,23	8,52	8,91	9,15
9	M Octadecanoate/Asam Stearic	44,23	39,8	37,27	42,3	43,82	45,77	45,82
10	M Aracehidate	2,57	2,67	2,45	2,13	2,37	1,28	1,38
11	M Heneicosanoate	0,87	0,79	0,71	0,34	0,73	0,84	0,83
MUFA (Asam Lemak Tidak Jenuh Tunggal)								
1	M Palmitoleate	0,26	0,22	0,16		0,23		0,24
2	M Nervonate	0,65	0,42	0,39	0,29	0,37	0,4	0,41
PUFA (Asalam Lemak Tidak Jenuh Ganda)								
1	Lenolelaidic Acid Methyl Ester	17,94	18,8	20,01	14,06	15,7	16,9	17,37
2	M Lenoleate	0,4	0,37	0,35	0,36	0,39	0,41	0,41
3	M Lenolenat	0,21	0,19	0,17	0,16	0,18	0,2	0,21
4	Cis-11,14-Eicosadienoic acid methyl ester	1,02	0,91	0,84	0,77	0,88	0,96	0,93
5	M Docosanoate	1,11	1,08	0,95	0,8	0,93	1,02	1,01
6	M Cis-5,8,11,14-Eicosatetraenoic	0,28	0,25	0,22	0,22	0,25	0,26	0,27
7	Cis-4,7,10,13,16,19-Docosahexaenoate (DHA)	0,3	0,27	0,29	0,19	0,22	0,26	0,25

Tabel 7. Kelompok asam lemak *Nereis* sp. yang dipelihara dengan substrat dan pakan berbeda.

Kelompok Asam Lemak	Perlakuan		
	Pakan D0	Pakan Tepung Spirulina	Pakan Tetra blits
SAFA	6	6	8
MUFA	2	1	2
PUFA	7	7	7

Hasil penelitian ini sedikit berbeda dengan Rahmat dan Yuwono (2002); Yuwono (2005); Dorgham *et al.* (2015) yang menunjukkan adanya kandungan EPA, tetapi pada penelitian ini tidak ditemukan kandungan EPA. Hasil ini dimungkinkan karena dalam pakan juga tidak

ditemukan kandungan EPA. Menurut Dorgham *et al.* (2015), kebiasaan makan polychaetha akan mempengaruhi kandungan asam lemak tubuhnya, terutama kandung EPA yang banyak ditemukan pada alga laut atau diatom. Kondisi ini mengkonfirmasi tidak ditemukannya kandungan

EPA dalam hasil penelitian ini. Menurut Ackman (1982) komposisi lemak dan asam lemak sangat tergantung pada spesies, habitat dan jenis makanan.

Kandungan DHA dari semua perlakuan berkisar antara 0,22- 0,26 %, hasil ini meningkat dibandingkan dengan awal perlakuan, tetapi kandungan DHA ini relatif lebih rendah dibandingkan dengan DHA pakan. Hasil ini sesuai dengan penelitian Costa *et al.* (2000) pada cacing polychaeta *N. diversicolor* dengan pakan kandungan EPA dan DHA rendah (kedelai dan tepung sari) selalu mempunyai sejumlah DHA yang lebih tinggi dibandingkan dengan pakannya. Sedangkan, ketika cacing dengan pakan kaya akan DHA (pakan kering ikan *sea bream* atau buat post larva udang), profil DHA lebih rendah dari makanannya. Komposisi asam lemak pada cacing *N. diversicolor* adalah lemak tidak jenuh (*unsaturasi*) yang mencerminkan komposisi asam lemak pakan yang diberikan dan menunjukkan kemampuan melakukan biosynthesis beberapa asam lemak seperti C 20:5n-3 (EPA) dan C 22:6n-3 (DHA). Hasil ini juga sesuai dengan Wibowo *et. al* (2020b), *D. Pinnaticirris* yang dipelihara pada substrat dengan kandungan pasir lebih kecil dan diberi pakan dengan protein hewani memiliki kandungan AA, EPA, dan DHA yang relatif lebih tinggi.

Hasil kandungan asam lemak dari *Nereis* sp. ini sesuai dengan kebutuhan untuk pakan induk udang. Menurut Limsuwatthanathamrong *et al.* (2012), asam lemak merupakan nutrisi yang berperan dalam proses pematangan gonad. Yuwono (2005), menyatakan bahwa asam linoleat, asam linolenat, asam stearat dan EPA yang terkandung dalam cacing cacing *Nereis* sp. dan *Eunice* sp dibutuhkan dalam proses pematangan gonad dan perkembangan telur. Menurut Wouters *et al.* (2001), cacing laut berperan penting dalam proses reproduksi induk udang maupun ikan, karena cacing laut memiliki kandungan asam lemak tak jenuh tinggi/Highly Unsaturated Fatty Acids (HUFA) yang dapat merangsang proses pematangan gonad Crustacea dan ikan-ikan laut. Huang *et al.* (2008), menyatakan kandungan PUFA yang tinggi dalam pakan induk berhubungan dengan kualitas pemijahan, seperti fekunditas, fertilisasi dan daya tetas. Menurut Coman *et al.* (2011), Arachidonic Acid (ARA) menjadi kunci dalam perkembangan telur dan pemijahan penaeus monodon. Menurut Meena *et al.* (2013), asam lemak tak jenuh tinggi (HUFA), terutama 20: 5n-3

dan 22: 6n3, merupakan komponen penting dari diet pematangan dalam jaringan ovarium.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *Nereis* sp. dari pertambakan Jeruklegi cilacap dapat dipelihara dengan jenis pakan yang berbeda, dan menghasilkan kandungan biokimia tubuh/nutrisi, yang berupa kandungan protein, lemak dan karbohidrat, serta komposisi asam amino dan asam lemak yang sesuai untuk memenuhi kebutuhan pakan induk udang. Menurut Hereman *et al.* (2020) dan Tomé (2013), Proteiin dan lipid penting bagi pematangan gonad udang, karena mengandung triasilgliserol, fosfolipid, kolesterol, dan HUFA yang dibutuhkan untuk perkembangan gonad, kualitas telur, dan kualitas larva. Polychaeta dengan protein kasar dan PUFA yang lebih tinggi mampu memberikan performa reproduksi udang yang lebih baik (Nafees *et al.*, 2023; Gilani *et al.*, 2012). Hasil ini dapat dijadikan informasi dasar dalam usaha budidaya cacing Polychaeta untuk memenuhi kebutuhan pakan induk udang dengan mengurangi ketergantungan dari penangkapan dari alam.

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa cacing *Nereis* sp. yang dipelihara dengan pemberian pakan berbeda memberikan pengaruh pada komposisi nutrisi *Nereis* sp. Pakan tetra blits menghasilkan kandungan protein tubuh terbaik, sedangkan kandungan lemak tertinggi diperoleh pada pemberian pakan D0. Kandungan karbohidrat teringgi diperoleh pada pemberian pakan D0. Komposisi asam amino dan asam lemak dari semua jenis pakan relatif sama. Terdiri dari 10 asam amino esensial dan 8 asam amino non esensial, 6-8 SAFA, 1-2 MUFA dan 7 PUFA. Kandungan protein dan asam lemak, serta komposisi asam amino dan asam lemak sesuai untuk memenuhi kebutuhan pakan induk udang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan pada DIPA BLU UNSOED atas terselenggaranya penelitian hingga publikasi serta pada semua pihak yang membantu terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Ackman, R.G. 1982. Fatty acid composition of fish oil. In: Nutritional Evaluation of Long Chain Fatty Acid in Fish Oil. Barlow, S.M. &

- Stansby, M.E. (Eds). Academic Press Ltd., London.
- Am, N., Eriksen, N.T., Jjl, I., & Riisgård, H.U. 1995. Feeding, growth and respiration in the polychaetes *Nereis diversicolor* (facultative filter-feeder) and *N. virens* (omnivorous)-a comparative study. *Marine Ecology Progress Series*, 125:149–158. doi: 10.3354/meps125149
- Bischoff, A.A., Fink, P. & Waller, U. 2009. The fatty acid composition of *Nereis diversicolor* cultured in an integrated recirculated system: possible implications for aquaculture. *Aquaculture*, 296:271–276.
- Buwono, I.D. 2000. Kebutuhan Asam Amino Essensial dalam Ransum Pakan. Kanisius, Yogyakarta.
- Campbell, N.A., Reece, J.B. & Mitchell, L.G. 2004. Biologi Edisi V Jilid III. Terjemahan oleh Wasmen Manalu. Erlangga, Jakarta.
- Cardinaletti, G., Mosconi, G., Salvatori, R., Lanari, D., Tomassoni, D., Carnevali, O. & Polzonetti-Magni, A.M. 2009. Effect of dietary supplements of mussel and polychaetes on spawning performance of captive sole, *Solea solea* (Linnaeus, 1758). *Animal Reproduction Science*, 113(14):167–176.
- Coman, G.J., Arnold, S.J., Barclay, M. & Smith, D.M. 2011. Effect of arachidonic acid supplementation on reproductive performance of tank domesticated *Penaeus monodon*. *Aquaculture Nutrition*, 17(2):141–151.
- Costa, F.E.P., Narciso, L. & Cancela da Fonseca, L. 2000. Growth, survival and fatty acid profile of *Nereis diversicolor* (O.F. Müller, 1776) fed on six different diets. *Bulletin of Marine Science*, 67(1):337–343.
- Costa, F.E.P., Oliveira, R.F. & Cancela da Fonseca, L. 2006. Feeding ecology of *Nereis diversicolor* (O.F. Müller) (Annelida, Polychaeta) on estuarine and lagoon environments in the southwest coast of Portugal. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 1(2):114–126.
- Dorgham, M.M., Hamdy, R., Hasan, H., Al-Rasedhy, & Atta, M.H. 2015. Biochemical composition of the nereidid *Perinereis cultrifera* from the Egyptian Mediterranean coast. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 50(3):535–543.
- Harpaz, S., Kahan, D. & Galun, R. 1987. Variability in feeding behavior of the Malayan prawn *Macrobrachium rosenbergii* de Man. *Crustaceana*, 52:53–60.
- Herawati, V., Pinandoyo, P., Windarto, S., Rismaningsih, N., Riyadi, P., Darmanto, Y.S., & Radjasa, O. 2020. Nutritional value and growth performance of sea worms (*Nereis* sp.) fed with *Hermetia illucens* maggot flour and grated coconut (*Cocos nucifera*) as natural feed. *Biodiversitas*, 21. doi: 10.13057/biodiv/d211151
- Herreman, L., Nommensen, P., Pennings, B., & Laus, M.C. 2020. Comprehensive overview of the quality of plant- and animal-sourced proteins based on the digestible indispensable amino acid score. *Food Science & Nutrition*, 8:5379–5391. doi: 10.1002/fsn3.1809
- Hoeger, U. & Abe, H. 2004. β -Alanine and other free amino acids during salinity adaptation of the polychaete *Nereis japonica*. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*, 137:161–171.
- Huang, J.H., Jiang, S.G., Lin, H.Z., Zhou, F.L. & Ye, L. 2008. Effect of dietary highly unsaturated fatty acid and astaxanthin on the fecundity and lipid content of pond-reared *Penaeus monodon* (Fabricius) broodstock. *Aquaculture*, 39:240–251.
- Hussain, S.M., Bano, A.A., Ali, S., Rizwan, M., Adrees, M., Zahoor, A.F., Sarker, P., Hussain, M., Arsalan, M., Yong, J.W.H., & Naem, A. 2024. Substitution of fishmeal: highlights of potential plant protein sources for aquaculture sustainability. *Heliyon*, 10. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e26573
- Kamarudin, M., Sulaiman, M.A., & Ismail, M. 2018. Effects of dietary crude fiber level on growth performance, body composition, liver glycogen and intestinal short chain fatty acids of a tropical carp (*Barbonymus gonionotus* ♀ x *Hypsibarbus wetmorei* ♂). *Journal of Environmental Biology*. doi: 10.22438/jeb/39/5(si)/29
- Kube, S., Sokolowski, A., Jansen, J.M. & Schiedek, D. 2007. Seasonal variability of free amino acids in two marine bivalves, *Macoma baltica* and *Mytilus* spp., in relation to environmental and physiological factors. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*, 147:1015–1027.
- Lovell, T. 1989. Nutrition and Feeding of Fish. Van Nostrand Reinhold, New York.
- McNair, H.M. & Bonelli, E.J. 1988. Dasar Kromatografi Gas. Diterjemahkan oleh

- Kosasih Padmawinata. Penerbit ITB, Bandung.
- Meena, D.K., Das, P., Akhtar, M.S., Sekar, M. & Kumar, S. 2013. Broodstock nutrition and management in crustacean. Aquafind. aquafind.com/articles/Broodstock-Nutrition-InCrustacean.php.
- Miguez, J., Herrero, C., Quintas, I., Rodriguez, C., Gigoso, P.G., & Mariz, O.C. 2012. A LC-MS/MS method for the determination of BADGE-related and BFDGE-related compound in canned fish food sample based on the formation of $[M+NH_4]^+$ adducts. *Food Chemistry*, 135:1310–1315.
- Mozanzadeh, M.T., Bahabadi, M.N., Morshedi, V., Oujifard, A., Agh, N., Ghasemi, A., Manei, K., Ebrahimi, H., Hamedi, S., & Tamadoni, R. 2024. Effects of dietary taurine on maturation indices, antioxidant capacity, ovaries amino and fatty acids profile, and vitellogenin gene transcription level in *Penaeus vannamei* female brooders. *Aquaculture Nutrition*, 2024. doi: 10.1155/2024/5532545
- Mustofa, A.G. 2012. Teknologi Pembesaran Cacing *Nereis* (*Dendronereis pinnaticirris*, Grube 1984). [Disertasi]. Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor. 219 hlm.
- Nurhikma, T., Nurhayati & Purwaningsih, S. 2017. Kandungan asam amino, asam lemak, dan mineral cacing laut dari Sulawesi Tenggara. *Jurnal Pengelolaan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(1):36–44.
- Palmer, P.J., Wang, S., Houlihan, A., & Brock, I. 2014. Nutritional status of nereidid polychaete cultured in sand filters of mariculture wastewater. *Aquaculture Nutrition*, 20(6):675–691.
- Pombo, A., Baptista, T., Granada, L., Ferreira, S.M.F., Gonçalves, S.C., Anjos, C., Sá, E., Chainho, P., Da Fonseca, C.L., Costa, F.P.E., & Costa, J.L. 2018. Insight into aquaculture's potential of marine annelid worms and ecological concerns: a review. *Reviews in Aquaculture*. doi: 10.1111/raq.12307
- Rachmad, B. & Yuwono, E. 2000. Pertumbuhan dan laju makan serta efisiensi protein pada post larva udang windu yang diberi pakan mengandung tepung cacing lur. Makalah Seminar Nasional Biologi XVI, ITB, Bandung.
- Shucksmith, R., Hinz, H., Bergmann, M. & Kaiser, K.J. 2006. Evaluation of habitat use by adult plaice (*Pleuronectes platessa* L.) using underwater video survey techniques. *Journal of Sea Research*, 56:317–328.
- Sudarmadji, S., Haryono, B. & Suhardi. 1998. Analisa Bahan Makanan dan Pertanian. Liberty Jogjakarta kerjasama dengan PAU Pangan dan Gizi UGM, Jogjakarta.
- Sukardi, P. & Yuwono, E. 2010. Nutrisi Ikan. Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto.
- Sukarsa, D.R. 2004. Studi aktivitas asam lemak omega-3 ikan laut pada mencit sebagai model hewan percobaan. *Buletin Teknologi Hasil Perikanan*, VII(I):68–79.
- Tomé, D. 2013. Digestibility issues of vegetable versus animal proteins: protein and amino acid requirements—functional aspects. *Food and Nutrition Bulletin*, 34:272–274. doi: 10.1177/156482651303400225
- Volek, J.S. 2009. Additional leucine not required for whey protein. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 34(2):151–161.
- Wang, H., Seekamp, I., Malzahn, A., Carvajal, A.K., Slizyte, R., Standal, I.B., Handa, A. & Reitan, K.I. 2019. Growth and nutritional composition of the polychaete *Hediste versicolor* (O.F. Müller, 1776) cultivated on waste from land-based salmon smolt aquaculture. *Aquaculture*, 502:232–241.
- Wang, X., Sui, Z., Xu, X., Chai, Y., & Wang, H. 2025. Nutritional value and biochemical composition of two new tropical polychaete species: potential use as feed ingredients. *Journal of the World Aquaculture Society*. doi: 10.1111/jwas.13122
- Wibowo, E.S., Palupi, E.S., Puspitasari, I.G.A.A.R. & Atang. 2019a. Sintasan dan pertumbuhan cacing polychaeta *Nereis* sp. dari kawasan pertambakan Desa Jeruklegi Cilacap dengan salinitas media pemeliharaan dan jenis pakan berbeda. *Depik Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir dan Perikanan*, 8(2):67–75.
- Wibowo, E.S., Palupi, E.S., Puspitasari, I.G.A.A.R. & Atang. 2019b. Metabolism and nutritional content of polychaeta *Nereis* sp. with maintenance salinity and different types of feed. *Indonesian Journal of Marine Sciences*, 24(3):113–120.
- Wibowo, E.S., Palupi, E.S., Puspitasari, I.G.A.A.R. & Atang. 2020a. The potential of *Nereis* sp. (Polychaete) as prawn feed at the coastal farming of Jeruklegi, Cilacap. Proceeding International Conference of Mangroves and Its Related Ecosystems.

- Wibowo, E.S., Yuwono, E., Sukardi, P. & Siregar, A.S. 2020b. Survival rate, growth and chemical content of *Dendronereis pinnaticirris* (Polychaeta, Nereidae) in maintenance with different feeds and substrates. *Indonesian Journal of Marine Sciences*, 25(2):75–84.
- Wouters, R., Lavens, P., Nieto, J. & Sorgeloos, P. 2001. Penaeid shrimp broodstock nutrition: an updated review on research and development. *Aquaculture*, 202:1–21.
- Yuwono, E. 2003. Studi aspek fisiologi untuk aplikasi dalam budidaya cacing lur (*Nereis* sp.). *Sains Akuatik*, 6(2):66–74.
- Yuwono, E. 2005. Kebutuhan nutrisi Crustacea dan potensi cacing lur (*Nereis*, Polychaeta) untuk pakan udang. *Jurnal Pembangunan Pedesaan*, V(1):42–49.
- Yuwono, E. 2008. Fisiologi Hewan I. Fakultas Biologi, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto.
- Zhao, R., Wang, X., Zhou, H., Liu, C., Mai, K., & He, G. 2025. Replacing fishmeal with composite plant protein meal affects nutrient metabolism via mTOR signaling pathway of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Animal Nutrition*, 23:30–43. doi: 10.1016/j.aninu.2025.04.014